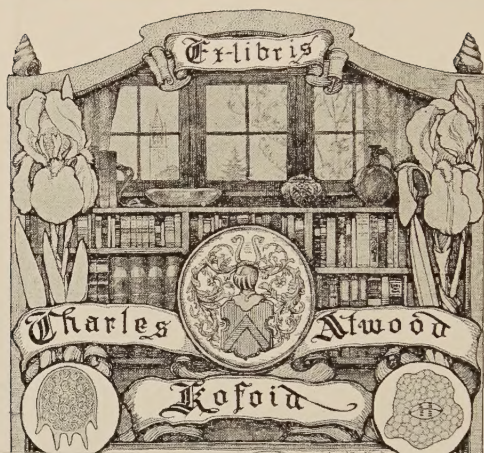


THESIS AMSTERDAM 1897

DE BETEKENIS VAN
REFLECTORISCHE
BEWEGINGEN
VOOR DE ZINTUIGELIJKE
WAARNEMING IN VERBAND
MET DE WETTEN VAN
WEBER EN FECHNER DOOR
G. A. M. VAN WAYENBURG



UITGEGEVEN TE AMSTERDAM DOOR SCHELTJEMA
EN HOLKEMA'S BOEKHANDEL + + MDCCCXCVII



Gift of
Mr. William Wreden

15 146
119

LANE MEDICAL LIBRARY
STANFORD UNIVERSITY
300 PASTEUR DRIVE
PALO ALTO, CALIF.

DE BETEEKENIS VAN REFLEC-
TORISCHE BEWEGINGEN VOOR
DE ZINTUIGELIJKE WAAR-
NEMING IN VERBAND MET
DE WETTEN VAN WEBER EN
FECHNER DOOR G. A. M. VAN
WAYENBURG. ✻ ✻ ✻ ✻ ✻ ✻ ✻ ✻ ✻

DE BETEKENIS VAN
REFLECTORISCHE
BEWEGINGEN
VOOR DE ZINTUIGELIJKE
WAARNEMING IN VER-
BAND MET DE WETTEN
VAN WEBER EN FECHNER.

ACADEMISCH PROEFSCHRIFT TER
VERKRIJGING VAN DEN GRAAD VAN
DOCTOR IN DE GENEESKUNDE AAN
DE UNIVERSITEIT VAN AMSTERDAM,
OP GEZAG VAN DEN RECTOR-MAGNIFICUS
Dr. HUGO DE VRIES, HOOGLEERAAR IN DE
FACULTEIT DER WIS- EN NATUURKUNDE
IN HET OPENBAAR TE VERDEDIGEN OP WOENSDAG
24 NOVEMBER 1897, DES NAMIDDAGS TE DRIE URE
IN DE AULA DER UNIVERSITEIT DOOR
GERARD ANTON MARIE VAN WAYENBURG,
ARTS, GEBOREN TE AMSTERDAM. + + + + +



UITGEGEVEN TE AMSTERDAM DOOR SCHELTEMA
EN HOLKEMA'S BOEKHANDEL. + + MDCCCXCVII.

AAN MIJNE OUDERS.



Digitized by the Internet Archive
in 2025

Bij het voleindigen van mijn proefschrift nopen mij verschillende gevoelens een terugblik in het verleden te werpen.

Gevoelens, vooreerst van groote erkentelijkheid aan mijn Leermeesters, de Hoogleeraren der Medische en Philosophische Faculteit voor het voortreffelijk onderwijs aan deze Universiteit genoten. Voor hem, die reeds gedurende eenige jaren practisch mocht werkzaam zijn, is een dankbare waardeering daarvan geen ijdele klank.

Dan, gevoelens van groote voldoening bij het terugzien op den tijd, dien ik als Arts in het Binnen-Gasthuis heb doorgebracht. Het waren jaren vol verheffenden arbeid, gekruid door de aangenaamste samenleving met Leermeesters en Collegae, waarbij »le plus triste des métiers" nog was »la plus noble des professions". En, de herdenking daarvan voert mij Uw beeld voor den geest, HoogGeleerde HERTZ, wiens assistent ik gedurende drie jaren mocht zijn. Uwe sympathieke persoonlijkheid, Uwe degelijke, beproefde wetenschap, Uwe practische ervaring zullen van de velen in den lande, niet het minst bij mij in dankbare herinnering voortleven.



Ook U, HoogGeleerde FORSTER, zij in den vreemde een woord van erkentelijkheid gewijd voor de vriendschap en groote welwillendheid, mij, zoowel in, als buiten Uw Laboratorium zoo ruimschoots betoond.

Ten slotte — waarlijk niet ten leste — ontvang mijn dank, HoogGeleerde WINKLER, mijn Promotor, voor den krachtigen steun mij met raad en daad bij de moeilijke bewerking van dit proefschrift geschonken.

Het oorspronkelijke van Uw inzichten op zoo menig wetenschappelijk gebied, de verruimende en bezielende kracht Uwer denkbeelden, gepaard aan den meest hartelijken en vriendschappelijken omgang met Uwe assistenten, doen mij den tijd, dat het mij gegeven was onder U werkzaam te zijn, met warmte herdenken.

INLEIDING.

Dr. MÜNSTERBERG doet in zijn »Beiträge zur Experimentellen Psychologie» een poging, om een scherpe omschrijving te geven van hetgeen wij gewoon zijn de hoegrootheid der gewaarwording te noemen.

Om dit doel te bereiken, brengt hij eenige feiten bijeen, die een hypothese zouden bewijzen, welke mij bijzonder merkwaardig voorkwam.

MÜNSTERBERG verlangt namelijk, dat ons bewustzijn, met behulp van hetgeen men het »spiergevoelszintuig» noemt, in staat zou zijn quantitatieve verschillen in de gewaarwording te beoordeelen, op een wijze, die zeer na verwant is aan die, waarop het, met behulp van de verschillende andere zintuigen, de kwalitatieve gewaarwordingsverschillen bepaalt.

Tot recht begrip van die hypothese, een enkel woord vooraf.

De kennis der *hoedanigheid* der dingen buiten ons, drukt het bewustzijn uit in verschillende attributen, haar door de verschillende zintuigen kenbaar gemaakt. In het algemeen beoordeelt het allereerst, dat het eene ding niet gelijk is aan het andere.

De kennis der *hoegrootheid* berust in de eerste plaats ook op die algemeenheid, maar eischt in de tweede plaats, dat de gewaarwordingen ten opzichte van elkaar kunnen worden vergeleken, zelfs in elkander kunnen worden omgezet en ten laatste door maat en getal bepaald.

Hoezeer nu ieder begrijpt, dat »zwaar” en »rood” of »groen” en »bitter” wel ongelijke, maar tevens volkomen onvergelykbare waarden zijn, is het toch niet zoo dadelijk begrijpelijk, waarom de drukge-
waarwording van 1 g en van 2 g , of de met de oogen gemeten afstand van 1 M. en 1.05 M. wel met elkander vergelykbaar zouden zijn.

Toch is men gewoon in het laatste geval van een quantitatief gewaarwordingsverschil te spreken. Niet dat dit geheel zonder tegenspraak is gebleven. Ik zal gelegenheid hebben om aantetoonen dat er sommigen zijn, die meenen dat »zwaar” en »licht” of »iets zwaarder”, »kort en »lang” of »iets korter”, juist even onvergelykbaar zijn als »rood” en »zwaar” en andere kwalitatieve verschillen. Inderdaad scherp is de meening geformuleerd, dat eigenlijk alleen over gelijkheid of ongelijkheid van gewaarwordingen kan geoordeeld worden, maar dat elke gewaarwording, een zaak sui generis is, geheel onvergelykbaar met een andere, en er dus van quantiteits-verschillen in de gewaarwording geen sprake kan zijn.

Juist op die plaats grijpt nu MÜNSTERBERG's hypothese in.

Men kan, zoo is zijn gedachtengang, zich moeilijk een juist denkbeeld maken, van de reeds op phylogenetische grondslagen zeer intieme betrekking, welke in het dierlijk lichaam bestaat, tusschen het centripetale (sensible) en centrifugale (motorische) nerveuse apparaat, als men niet aanneemt, dat een centripetale prikkel alleen dan waarde voor het organisme bezit, wanneer hij onmiddellijk in een centrifugale werking kan omgezet worden.

Is een centrifugaal antwoord nuttig voor het individu, dan zal zulk een kringloop zich kunnen ontwikkelen,

en zal het percipieeren daarvan ook beteekenis krijgen voor het individu. Is dat antwoord schadelijk, dan gaat met de individuen, die het bezitten, ook het apparaat, dat zulk een kringloop toelaat, weldra te gronde. Ja, men kan zich nauwelijks voorstellen, hoe een volkomen noodelooze zenuwwerking, als een sensibele prikkeling zonder centrifugale werking voor het individu is, ooit eenige beteekenis zou krijgen en dus gehandhaafd blijven.

Alleen bij innige samenketening van het receptief orgaan aan de periferie met eenig motorisch apparaat, is het, bij de menigvuldigheid der prikkels die het individu treffen, begrijpelijk dat zich functioneel bijeenbehoorende, sensu-motorische eenheden kunnen ontwikkelen, wier samenwerking bij de hooger ontwikkelde dieren het voorstellingsleven beheerscht en de verhoudingen tot de buitenwereld regelt.

Elke centripetale prikkel zet zich dus om in een centrifugale werking. Wat echter het individu verder verwerft is nog minder, het uitvoeren van steeds nieuwe bewegingen dan wel het verfijnen der reeds bestaande. Bij hoogere differentiatie toch wordt door zelf regeling, het aangeboren, ruwe motorisch effect, geheel of ten deele gedempt, totdat een doelmatige, wil men een technisch juiste beweging in het leven is geroepen.

Zulke centrifugale ontladingen zijn nu voor de psycho physiologie geen onbekenden. Vooreerst werken zij reeds langs eenvoudig reflectorischen weg, bijv. bij het oog, om een orgaan in den gunstigsten stand voor het opnemen van den periferen prikkel te brengen.

Men kan zelfs de herinneringen dier verrichtte bewegingen overal terugvinden, waar een ruimtebepaling der gewaarwordingen beproefd wordt.

Het is dan ook ondenkbaar, dat ooit eenige zintuiglijke gewaarwording, gebonden als zij is, aan dat centripetofugale stelsel, bewust zou worden zonder motorische attributen. Of echter het motorisch attribuut in een wezenlijk zichtbaar effect van spiersamentrekking, of slechts in een door het bewustzijn waargenomen sensatie van spierspanning bestaat, doet niets ter zake. Stellig is het, dat elk zintuig een aantal spieren bezit, waaraan het reflectorisch gebonden is. Voor onze hoogere zintuigen, zijn het vooral de spieren van oog en oor, van hoofd, romp en hals, die wellicht als een gezamenlijke spiergroep mogen beschouwd worden, wier geringe samentrekking of spanning, ons de uitdrukking van aandacht geven en wier meêwerking voor de perceptie van veel belang is.

Elke zintuigelijke, centripetale impuls kan dus nauwelijks anders tot bewustzijn komen, tenzij gepaard met een meerder of minder groot geheel van motorische attributen, die, omdat zij zich in gunstige gevallen als lichte spiersamentrekking, spierspanning voordoen, door MÜNSTERBERG met den naam van »spanningsgevoelens" worden bestempeld.

Elke kwalitatief verschillende indruk krijgt in de eerste plaats zijn ruimtebepaling door de hoegrootheid der spiersamentrekkingen die hem te eeniger tijd langs reflectorischen weg vergezeld hebben.

Er zullen wel niet veel physiologen meer gevonden worden, die heden nog HERING'S¹⁾ standpunt over de ruimtebepaling der geziene voorwerpen verdedigen.

¹⁾ HERING. Der Raumsinn und die Bewegungen der Auges. Hermann's Handbuch der Physiologie. 1879. Bd. 3. Th. I.

Sedert WUNDT ¹⁾, ZIEHEN ²⁾ WERNICKE ³⁾, zij het dan ook met verschil in uitwerking der détails, allen de ruimtebepaling der gezichtswaarwording aan spierbeweging binden, in volkomen overeenstemming met hetgeen de ervaring aan geopereerde blindgeborenen leert, mogen wij aannemen, dat wij de ruimte aan de hoegrootheid der spierbewegingen van het oog bepalen en zelfs meten kunnen.

Welnu, en ziedaar de koene hypothese van MÜNSTERBERG, de gevoelens van verrichtte spierspanning (de uiterst geringe, maar subjectief duidelijk merkbare spiersamentrekking) die elke gewaarwording vergezellen, geven haar nog een ander cachet. De bestaande verschillen in spanningsgevoelens nl. eener zelfde zintuigelijke gewaarwording bepalen *haar verschil in intensiteit*. De quantiteit eener gewaarwording wil eigenlijk dus zeggen, de hoeveelheid spanningswaarneming of herinnering daaraan, die een gewaarwording vergezelt.

Het ware nu denkbaar, dat de spierbewegingsgewaarwording, geboren als zij is uit verschil in grootte van spiersamentrekking, werkelijk een soort schaal was, waaraan de verschillende gewaarwordingen gemeten konden worden. In MÜNSTERBERG's gedachtengang is dit dan ook het geval en zelfs tracht hij verschillende zintuigelijke gewaarwordingen als geluid en licht, met elkander door bemiddeling van die spanningsgevoelens te vergelijken. Daarover echter later.

1) WUNDT. Grundzüge der physiologischen Psychologie. 1887. Bd. II S. 192.

2) ZIEHEN. Leitfaden der physiologischen Psychologie. 1896. S. 94.

3) WERNICKE. Grundriss der Psychiatrie. Th. I. Psycho-physiologische Einleitung. S. 26.

Het ligt voor de hand, dat de hypothese van MÜNSTERBERG zich leent tot een zeer bizondere beoordeeling der psycho-physische wet, volgens welke de intensiteits-verhoudingen tusschen de gewaarwordingen beoordeeld zouden kunnen worden.

Als inderdaad de vergelijking van twee quantitatief verschillende gewaarwordingen zou bestaan in niets anders, dan in de beoordeeling der verschillen in de spierspanning die haar vergezellen, dan zou dit neerkomen op het resultaat der inwerking van twee continue en gelijksoortige prikkels op twee continu maar verschillend reageerende spierapparaten. Dan echter moet het mogelijk zijn, althans dit laatste experimenteel te toetsen, al zal het ook niet gemakkelijk zijn.

Hiermede is het doel van mijn proefschrift bepaald.

Ik stel mij dus voor uiteen te zetten, welke pogingen gedaan zijn, en op welke wijze, om een bepaling van de quantiteit der gewaarwording te verkrijgen. Ofschoon ik er mij van bewust ben, dat dit bij den ontzaglijken arbeid over dit onderwerp slechts zeer onvolledig zal zijn, zal ik beproeven de hoofdzaken bijeen te zetten en den invloed te doen uitkomen, die MÜNSTERBERG's hypothese daarop uitoefenen moet. Ten slotte zal ik beproeven, om de hoofdvraag waarop toch MÜNSTERBERG's hypothese berust, experimenteel te beantwoorden.

Ik zal dus hebben te bewijzen, dat inderdaad een sensu-motorisch apparaat op prikkels, wier intensiteiten methodisch worden veranderd, antwoordt met een tijdelijk en vormelijk beloop der reflectorische effecten, van die intensiteitenwisseling op bepaalde en regelmatige wijze afhankelijk. In hoeverre dit bewijs af-

doende door mij geleverd is, moge dan de lezer beoordeelen. Stellig kleven aan dit eerste pogen in een zoo moeilijk vraagstuk uitermate groote gebreken, niemand kent ze beter dan ik zelf, maar toch heb ik de overtuiging, dat daarin elementen zijn gelegen, die bij verdere uitwerking tot afdoende oplossing dezer vraag, naar ik geloof, in bevestigenden zin zullen leiden.

HOOFDSTUK I.

De onderzoekingsmethoden der psycho-physica.

Ik ben er mij van bewust, dat het een werk zou zijn, de bescheiden grenzen van dit proefschrift vèr overschrijdend, wanneer ik zou willen beproeven om een volledig overzicht te geven, over alle pogingen, die gedaan zijn, èn om het goed recht eener quantiteiten-bepaling door het bewustzijn te staven èn om de quantiteit der gewaarwording in maat uit te drukken.

Slechts hier en daar kan ik een greep doen. Ik zal mij dus in de eerste hoofdstukken uitsluitend bepalen, tot datgene, wat mij voorkomt, dringend noodig te zijn om mijn einddoel te bereiken. Dit einddoel is: den invloed te schetsen, die de hypothese van MÜNSTERBERG, gesteld dat zij juist ware, zal moeten uitoefenen op de grondslagen der psycho-physica. Daarvoor is vooraf een overzicht van deze grondslagen noodig.

§ 1. Wet van
Weber

Toen E. H. WEBER in zijn »Annotationes Anatomicae et physiologicae» de woorden neerschreef: in observando discrimine rerum inter se comparatarum non *differentiam* rerum, sed *rationam differentiae* ad magnitudinem rerum inter se comparatarum percipimus» vermoedde hij zelf nauwlijks, dat dit de grondslag zou

zijn, waarop het latere, waarlijk niet weinig trotsche gebouw der psycho-physica zou worden opgetrokken. Wel is waar, hadden D. BERNOULLI en LAPLACE voor de affecten een dergelijke voorstelling uitgesproken en zelfs tot een mathematische formule omgewerkt, doch E. H. WEBER was de eerste, die met behulp van strenge en exact wetenschappelijke methoden, de verhouding tusschen prikkel en gewaarwording aan een ernstig onderzoek onderwierp en haar door tal van physiologische experimenten toelichtte ¹⁾.

De wet, die WEBER, als resultaat van zijn talrijke en zeer gevarieërde proefnemingen: onderlinge vergelijking van gewichten, lijnen en tonen met de door hen teweeggebrachte gewaarwordingen meende te mogen afleiden, is zeer verschillend geformuleerd geworden. In haren eenvoudigsten vorm luidt zij:

Ons bewustzijn is, bij de vergelijking van de prikkels, die het van buiten ontvangt, slechts in staat om *sterkte-verhoudingen tusschen*, niet echter om de *absolute sterkte van* de prikkels te beoordeelen.

Met dit beginsel tot steunpunt, kon het eerst beproefd worden een weg te banen in het zoo dichte bosch der psychische verrichtingen, en een poging tot meting dezer verrichtingen in het werk gesteld.

Voor dat ik echter tot bespreking dier pogingen overga, moet ik een paar woorden wijden aan de eenigszins samengestelde nomenclatuur, wier invoering, noodzakelijk was geworden door de wijziging,

§ 2. Definities.

1) E. H. WEBER Der Tastsinn und das Gemeingefühl, in „Wagner's Handwörterbuch der Physiol. III 2.

E. H. WEBER Annotationes Anatomicæ et Physiologicæ 1851.

die sommige gevolgen uit de wet van WEBER getrokken, in onze psychologische denkwijze te voorschijn riepen.

Immers, ik wensch mij zelf te vrijwaren voor de verwarring, die het willekeurig dooreen gebruiken van uitdrukkingen, van ongeveer, maar niet geheel dezelfde beteekenis, kan teweegbrengen.

Onder *gewaarwording* versta ik, zooals ieder, de reactie van het bewustzijn op een het langs bepaalde wegen bereikenden prikkel. Maar als ik meermalen de uitdrukking onderscheids-, of verschilsgewaarwording zal gebruiken, dan versta ik daarmee de reactie van het bewustzijn op twee het sensorium bereikende prikkels, hetzij dat dit *simultaan* geschiedt, d. w. z. dat tijdens de inwerking van den eersten prikkel de tweede wordt aangewend (vergelijking van gewichten door opstapeling op één hand), hetzij dat dit *successief* plaats heeft, zoodat telkens na waarneming van den eenen prikkel tot waarneming van den anderen wordt overgegaan. Bij den eenen mensch nu is het vermogen om ongelijkheid der successief of simultaan waargenomen prikkels te bemerken, veel meer ontwikkeld dan bij den ander. De gevoeligheid voor onderscheids- of verschilsgewaarwording of korter gezegd, onderscheidsgewoeligheid kan verschillend zijn. Haar grootte is omgekeerd evenredig aan 't verschil der prikkels, waarbij deze bewustzijns-reactie ontstaat.

Daarentegen versta ik onder den naam gewaarwordingsonderscheid of gewaarwordingsverschil een meer numeriek iets. Het is de bewust geworden hoeveelheid, die de eene gewaarwording van de andere verschilt. Eerst als eenmaal de hoogere functie van het bewustzijn, die ik boven het zien van onderscheids-

gewaarwording noemde, en die aan bepaalde, door WEBER vastgestelde prikkelverschillen het aanzijn dankt, bestaat, kan aan het beoordeelen van een gewaarwordingsonderscheid sprake zijn.

Het eenige middel nu, waarover het bewustzijn beschikt, ten einde omtrent de gewaarwording iets te weten te komen, is de omstandigheid, dat het de gewaarwording bemerkt. Daaruit volgt, dat ook de grootte van het gewaarwordingsonderscheid aan het eenige, waarvan wij iets weten, dus aan de attributen der merkbaarheid van de gewaarwording zal moeten beoordeeld worden. Het *ruim* merkbare gewaarwordingsonderscheid of gewaarwordingsverschil staat derhalve naast het *even* merkbare gewaarwordingsonderscheid, en dit weer naast het *gelijk* merkbare. Om echter deze nuances te kunnen waarnemen moet eerst een onderscheidsgewaarwording aanwezig zijn.

Niet alle prikkelwaarden vermogen in het bewustzijn een gewaarwording op te wekken. De prikkel moet een bepaald intensiteitsbedrag overschrijden wil het bewustzijn reageeren. Dit bedrag heet de *prikkelgrenswaarde* voor de gewaarwording.

Niet tusschen alle op elkander volgende prikkels kan onderscheid waargenomen worden. De tweede prikkel moet wederom met een bepaald bedrag verhoogd worden, zal er een onderscheidsgewaarwording ontstaan. Dit bedrag is dus als een grenswaarde voor de onderscheidsgewaarwording te beschouwen.

De onderzoekingen, die de Wet van WEBER in 't leven riep werden gevolgd door een groot aantal nieuwere, die niet alleen ten doel hadden deze Wet te contro-

§ 3. Psycho-
physische
metingsme-
thoden.

leeren en te volmaken, maar ook een uitbreiding er van beoogden.

Het groote belang lag voor de hand. De psychophysica moet verlangen het verband te kennen tusschen den prikkel en de daarop volgende terugwerking van het bewustzijn; zij wenscht na te gaan, in hoeverre, en hoe de bewuste gegevens beantwoorden en gehoorzamen aan methodisch doorgevoerde doseering en opeenvolging der prikkels. Haar doel is te komen tot vergelijking, ja misschien tot meting der bewuste toestanden onderling.

Deze onderzoekingen hebben geleid tot het ontstaan van verschillende wijzen van onderzoek, de z. g. psycho-physische metingsmethoden, die van verschillende beginselen uitgaande, langzamerhand in de psychophysica burgerrecht hebben gekregen. Zij zijn voornamelijk vier in getal ¹⁾.

§ 4. Methode
der kleinste
merkbare
verschillen.

1° De oudste methode, volgens welke E. H. WEBER experimenteerde, wordt genoemd *de methode der kleinste merkbare verschillen*. Zij is eenvoudig en spreekt voor zich zelve. Men bepaalt het oogenblik, dat een langzaam aanzwellende prikkel een gewaarwording doet ontstaan. Men leest daarbij de sterkte van den prikkel af, waarbij deze gewaarwording ontstaat. Nu verhoogt men de prikkelsterkte en noteert het oogenblik, waarop de eerste gewaarwording een even merkbare verandering ondergaat. Tegelijkertijd wordt de hoogte des inmiddels gestegen prikkels opgenomen.

1) De z. g. methoden der indirecte meting van samengestelde psychische processen als b. v. 't bepalen van den reactietijd, kiesreactietijd enz. zullen, als met dit onderwerp in geen verband staande, onvermeld blijven.

De onderscheidingsgevoeligheid wordt op de eerste plaats dus gemeten. Haar grootte mag omgekeerd evenredig gesteld worden aan het verschil tusschen het prikkelpaar als gevolg waarvan de onderscheidsgewaarwording geboren wordt (constant blijvend waarnemingsvermogen voorop gesteld).

Wat nu de onderscheidsgewaarwordingen zelve betreft, die onder aldus veranderende prikkelsterkten ontstaan: er moeilijk iets tegen te zeggen zijn deze ten *opzichte van hun merkbaarheid* aan elkaar gelijk te stellen.

Slechts is het niet boven alle bedenking verheven, om den koenen sprong te maken, die enkele psychophysiци zoo gaarne maken, als zij uit de *gelijke merkbaarheid* der even merkbare onderscheidsgewaarwordingen *tot gelijkheid* van daaraan beantwoordende gewaarwordingsverschillen besluiten.

De methode der ruim merkbare verschillen toepassend, neemt men een duidelijk merkbaar verschil in gewaarwording op tusschen twee prikkels, legt het bij zich zelve vast en zoekt twee andere prikkels in een ander deel der prikkelschaal; die een even groot merkbaar verschil in gewaarwording geven. Hierna wordt nagegaan, hoe de objectieve prikkelsterkten zich inmiddels verhouden. De meest eenvoudige manier van doen is de wijze, die door PLATEAU en DELBOEUF is aangevend. Men zoekt tusschen de gewaarwordingen, gewekt door twee numeriek zeer verschillende prikkels, een derden prikkel op, die een gewaarwording geeft, welke een gelijk gewaarwordingsverschil met de twee eersten oplevert.

Het verschil tusschen deze methode en de eerste is duidelijk. Ginds worden de gewaarwordingsverschillen

§ 5. Methode
der ruim
merkbare
verschillen.

t. o. van hun gemeenschappelijk karakter: de *even merkbaarheid* gelijk gesteld, hier worden reeds de gewaarwordingsverschillen als *gelijk zijnde* aangenomen, omdat zij zich als *gelijk merkbaar* voordoen.

Deze methode steunt onder meer op het feit, dat de astronomen bij het bepalen der sterrengrootte, lang voor dat objectieve lichtmetingen mogelijk waren, tot volkomen juiste resultaten zijn gekomen. Zij is de eenige, die zonder verdere hulphypothesen directe verschillen in gewaarwording bepaalt.

Volgens enkelen is het goed recht der psychische maten reeds dáárdoor bewezen, dat deze methode uitvoerbaar blijkt te zijn.

§ 6. Methode
der gemid-
delde fout.

De derde methode is *de methode der gemiddelde fout*. Bij deze methode tracht men twee prikkels ten opzichte van de grootte der gewaarwording, die zij opwekken aan elkaar gelijk te maken. Niet de *onderscheidsgewaarwording* maar de *gewaarwording zelve* wordt vergeleken t.o. van den prikkel die haar teweeg brengt. Daarbij worden fouten gemaakt. De subjectieve gelijkheid blijkt niet te beantwoorden aan de objectieve gelijkheid der prikkels. Bij genoegzaam aantal waarnemingen mag het aantal fouten boven en beneden de sterkte der gezochte gewaarwording gelijk worden gesteld, en zal dus de gemiddelde fout (zoo noodig volgens kansrekening te bepalen) als maat kunnen gelden. Men bepaalt dan zooals men het uitdrukt, de absolute onderscheidsgoetheit en bereikt langs anderen weg hetzelfde, wat de methode der kleinst merkbare verschillen beoogt. Hoe scherper nu de onderscheidsgoetheit is, des te

kleiner zal het aantal fouten zijn. Is deze daarentegen minder scherp, dan is de breedte waarbinnen onderling verschil in prikkels niet wordt waargenomen grooter, en dan moet tevens het aantal gemaakte fouten groot zijn, daar veel dezer prikkels binnen die breedte vallen, en dus den waarnemer ontgaan.

Die gevonden gemiddelde fout is echter niet direct als maat te gebruiken, want zij bestaat eigenlijk uit meerdere fouten, die ten gevolge van het bestaan der meerdere of mindere scherpte van de absolute onderscheidingsgevoeligheid gemaakt worden, men noemt haar de *ruwe fout* (f).

Zij omvat ook een foutenreeks, die van allerlei persoonlijke invloeden (belangstelling, moeheid, etc.) afhangen. Dit is de *constante fout* (c). Door genoegzame variatie der prikkels, moet derhalve de *variable fout* (c), die de gevoeligheid voor de onderscheidsgewaarwording bepaalt, *gezocht* worden, en haar gemiddelde berekend worden volgens eenvoudige formules. Deze methode is nauw aan de eerste verwant. Eerst de *gemiddelde variable fout* mag omgekeerd evenredig gesteld worden aan de absolute onderscheidingsgevoeligheid.

De methode der juiste en foutieve uitspraken is de methode volgens welke FECHNER werkte. Een bepaalde prikkel, bij FECHNER een gewicht P , wordt vergeleken met een andere grootheid, die van de eerste met een zeker positief of negatief bedrag afwijkt, zijnde dit bij FECHNER een toegevoegd of afgenomen gewicht $\pm D$. De waarneming of deze gewichten gelijk of ongelijk zijn, voert tot, juiste, foutieve of twijfelachtige uitspraken. De twijfelachtige telde FECHNER (ten onrechte) voor de

§ 7. De methode der juiste en foutieve uitspraken.

helft bij de juiste op. Is nu n het aantal heffingen, r het aantal juiste uitspraken, dan is in het quotient $\frac{r}{n}$ weder een maat te zien voor de onderscheidingsgevoeligheid tusschen een bepaalde P en een bepaalde $P \pm D$. Niet echter onmiddellijk is de onderscheidingsgevoeligheid aldus voor te stellen.

Immers wanneer $\frac{r}{n}$ zich verdubbelt, is er geen sprake van, dat ook de onderscheidingsgevoeligheid verdubbeld zou zijn. Dit is eerst het geval wanneer D tot op de helft werd verminderd en dan *weder* dezelfde $\frac{r}{n}$ gaf.

Men zou dus, rationeel, de proeven zóó moeten inrichten, dat men voor elk gewicht een daarbij behoorend zoo klein mogelijk overwicht vond, terwijl toch $\frac{r}{n}$ steeds dezelfde en een zoo groot mogelijke grootheid bleef. Dit is echter niet uit te voeren. Het zou tot tatonneeren, tot veel tijdverlies en tot veel onnauwkeurigheid aanleiding geven. Wel kan men langs mathematischen weg uit gevonden overwichten D' , D'' en D''' en de gevonden quotienten $\frac{r'}{n}$, $\frac{r''}{n}$ en $\frac{r'''}{n}$ zoodanig het gezochte overwicht D berekenen alsof het quotient, in al die gevallen constant $= \frac{r}{n}$ gebleven was. Dit geschiedt met behulp der methoden der kleinste quadraten en voert de daar bekende praecisiemaat h in, zoodat het gezochte overwicht D uit hD' wordt berekend. Nu heeft FECHNER tabellen gemaakt waarin voor elke $\frac{r'}{n}$ het daarbij behoorend product te vinden is van deze praecisiemaat h met het gevonden overwicht. Door het deelen van deze grootheid door 't overwicht, wordt de waarde der praecisiemaat gevonden en met haar de grootheid der absolute onderscheidingsgevoeligheid.

De bedoeling is niet om in een uitvoerige discussie omtrent de al of niet doeltreffendheid dezer methoden te treden, noch om ze aan te vullen met al de variaties, die in overeenstemming met het zintuig in welks gebied geëxperimenteerd wordt, aangebracht zijn. Een enkel woord ter kenschetsing der verschillende methoden.

Het is duidelijk dat al deze onderzoeksmethoden de verschillende fasen der merkbaarheid van 't gewaarwordingsonderscheid t. o. der veroorzakende prikkels inroepen. De eerste, derde en vierde methode nemen het kenteeken van *even merkbaarheid der onderscheidsgewaarwording* als maatstaf ter vergelijking.

De tweede methode — die der ruim merkbare verschillen — kent reeds het bewustzijn de eigenschap toe om uit een ruim, maar als *gelijkelijk merkbaar* verschil in gewaarwording ook tot een *gelijk gewaarwordingsverschil* te besluiten.

De eerste methode bepaalt onmiddellijk de onderscheidsgevoeligheid door haar direct af te lezen uit 't prikkelverschil, waarbij de onderscheidsgewaarwording ontstaat en verdwijnt; de beide laatsten door bemiddeling van gemaakte fouten.

Het bezwaar tegen de beide laatsten ingebracht, is dat de *berekende* maat, die omgekeerd evenredig zal zijn aan die gevoeligheid, (in de derde, de berekende gemiddelde fout, in de 4^e het berekende overwicht,) niet de *juiste* maat is. G. E. MÜLLER heeft op mathematischen weg aangetoond, dat deze berekende waarden, niet de zuivere waarden zelve maar schommelingen karakteriseeren rondom de eigenlijke waarde als middelwaarde. Op de dientengevolge voorgeslagen correctieformules mag ik echter niet ingaan. Tevens is het dui-

§ 8. Onderlinge vergelijking der onderzoekingsmethoden der psycho-physics.

delijk, dat men van een ander gezichtspunt uit de twee eerste methoden mag noemen »schattingsmethoden» en de beide laatsten »de methoden der gemaakte fouten.» De eerste sporen onmiddellijk het verband op tusschen de eigenschappen der gewaarwording en der daarbij behorende prikkels. De anderen roepen de hulp van onjuiste resultaten in, ter bepaling van die eigenschappen.

Bij al deze methoden kan het niet ontgaan, hoe er gewoekerd moet worden met de luttele attributen, waarmede de gewaarwording — het eigenlijk object van ons zoeken — zich aan ons voordoet. 't Is toch alleen de omstandigheid, dat zij wordt, dat zij ontstaat, dat zij merkbaar geworden is — en verder niets — dat wij haar grijpen kunnen. In 't attribueert dat zij merkbaar geworden is, dat wij nog kunnen verfijnen, ompalen tot »even merkbaarheid» — zie daar als 't ware de eenige exteriorisatie die 't bewustzijn ons geeft van wat daar binnen zich afspeelt, en daaruit dienen dan zijn intiemste verhoudingen in maat en getal te worden uitgedrukt en afgeleid. En in het eenige geval, waarin wij dit merkteken niet gebruiken, in de tweede methode is juist omdat, daarin iets anders wordt gebruikt, de methode niet onaantastbaar.

Immers, als wij het goed recht om gelijke verschillen van gewaarwording te *kunnen* onderscheiden aannemen — en zonder dat zou de geheele methode vallen — beschouwen wij als vaststaand een eigenschap van het bewustzijn, die men juist zal hebben te bewijzen, n.l. dat het gelijke intensiteitsverschillen der gewaarwording zal kunnen beoordeelen. Is het overduidelijk den experimenteelen psycho-physicus, die dit

gebied doorvorsch, te vergelijken met den natuur-
onderzoeker, die in het holst van den stikdonkeren nacht
zich bevindt te midden van een oerwoud, ten einde
van dit woud met wetenschappelijke nauwkeurigheid
de uitgestrektheid, het aantal, de soort en de grootte
der boomen te bepalen boomen, van welker
wezen hij niet veel meer weet, dan, door betasting dat
ze er *zijn*?

HOOFDSTUK II.

Fechner's psychophysisch systeem.

Na deze uitweiding terugkeerende tot de wet van WEBER, blijkt het dat WEBER, experimenteerende volgens de eerstgenoemde methode, van de gewaarwording slechts één ding leerde kennen, n.l. dat zij *merkbaar* wordt; dat hij veranderingen die de gewaarwording *t. o. van de merkbaarheid* onderging, vergeleek met de veranderingen, die de prikkels inmiddels vertoonden en dat hij de aldus optredende gewaarwordingen *t. o. van hun merkbaarheid gelijk stelde*. Zijn methode leerde ons dus kennen:

1^e dat een prikkel, buiten ons, een zekere intensiteitsgrens moet overschrijden, om voor het gewaarwordingsleven even merkbaar te zijn;

2^e dat de aangroeiingen, die de gewaar geworden prikkel dan moet ondergaan, ten einde een tweede, een derde, een vierde, enz. even merkbare gewaarwording uit te lokken, in een bepaalde verhouding tot de oorspronkelijke sterkte des prikkels moeten staan.

Wat volgt hieruit voor die faculteit van het bewustzijnsleven welke ons in staat stelt verschillen tusschen twee prikkels te kunnen waarnemen? een faculteit, die we kortheidshalve onderscheidsgewoeligheid genoemd hebben?

Wordt deze onderscheidsgewoeligheid omgekeerd

evenredig gesteld aan het kleinst mogelijk waarneembare objectief onderscheid in prikkels; wordt verder bedacht dat de prikkels in absoluut (i. e. rekenkundig) gelijke en in relatief (i. e. meetkundig) gelijke trappen kunnen opklimmen en wordt met het oog daarop een absolute en een relatieve onderscheidsgevoeligheid aangenomen, dan kan de wet van WEBER in haren algemeensten vorm aldus opgezet worden:

1^e De *relatieve onderscheidsgevoeligheid* is onafhankelijk van de absolute sterkte der prikkels, en

2^e de *absolute onderscheidsgevoeligheid* is des te kleiner naarmate de met gelijke verschillen opklimmende prikkelparen, die vergeleken worden, in hogere gedeelten der prikkelschaal liggen.

Van de aldus ontstaande gewaarwordingen leert WEBER ons niet veel meer kennen dan dat zij merkbaar worden. T. o. van deze eigenschap stelt hij hen aan elkaar gelijk. Hij laat de vraag in het midden, of in het karakter der even-merkbaarheid ook dat der gelijkheid besloten ligt en hoe de uit zulke prikkelreeksen geboren gewaarwordingen tot elkaar staan: of zij zich bij elkaar addeeren of in welke mathematische betrekking zij zich tot elkaar verhouden.

Geen wonder dat er onderzoekers waren, die in het telkens hernieuwd ontstaan van gewaarwordingsveranderingen, naarmate de prikkels groter werden, wel degelijk een verschillende vermeerdering in sterktegraad voor de gewaarwording zelve zagen, welke tot de meting harer intensiteit zoude voeren.

De wet van WEBER, voor zoover zij de relatieve onderscheidsgevoeligheid raakt, laat dan hoofdzakelijk twee mogelijkheden open, waardoor deze functie der

§ 9. Onder-
scheids- en
Verhoudings-
Hypothese.

gewaarwording geregeld zou kunnen worden. Beide mogelijkheden hebben verdedigers gevonden. Men is gewoon te spreken van de onderscheids- en van de verhoudingshypothese, al naarmate men de eene of de andere mogelijkheid aanneemt.

Gesteld dat P_2 en P_1 twee verschillende prikkels zijn, G_2 en G_1 , de daarbij behorende gewaarwordingen en schrijven wij voor $P_2 - P_1$ en voor $G_2 - G_1$ eenvoudig ΔP en ΔG , wat eenvoudig beduidt dat ΔP en ΔG een aanwas in sterkte voorstelt ten opzichte van P en G .

De onderscheidshypothese leert nu, dat een constant relatief prikkelverschil $\frac{\Delta P}{P}$ een constant gewaarwordingsverschil ΔG opwekt.

De tweede — de verhoudingshypothese, leert dat de constantie van $\frac{\Delta P}{P}$ een constant relatief gewaarwordings-onderscheid $\frac{\Delta G}{G}$ medebrengt.

Men voelt het belangrijke verschil tusschen deze twee onderstellingen:

Volgens de eerste Hypothese stijgen de gewaarwordingen om gelijk merkbaar te zijn bij het meetkunstig toenemen der prikkels in een rekenkunstige reeks, bij de tweede klimmen zij evenals de prikkels volgens een meetkunstige orde. Zonder voorafgaande hulphypothese, dat inderdaad de gewaarwordingen in haar merkbaarheid meetbaar zijn, zouden de twee bovengenoemde hypothesen geen zin hebben. De voorstanders van beiden zijn dus verplicht aan te nemen dat elke gewaarwording, een zekere sterkte aan psychische werkzaamheid vertegenwoordigt, en dus een grootheid is, die in bepaalde mathematische verhouding staat en tot den haar veroorzakenden prikkel en tot gelijksoortige uitingen van het bewustzijnsorgaan.

Het zwakke punt echter van deze intensiteitsmeting in de psycho-physica blijft de praemisse, dat de attributen der merkbaarheid zijnde: de *even merkbaarheid* of gelijk *merkbaarheid der onderscheidsgewaarwording*, op alle plaatsen der intensiteitsschaal beantwoord zou worden met een gelijkelijk aangroeien der gewaarwordingsverschillen zelve (hetzij dan volgens rekenkundige of volgens meetkundige orde) en dus als maat voor die aangroeiing zou kunnen gelden. Geeft men dit echter toe, dan moet een der beide genoemde hypothesen gekozen worden.

Het was nu FECHNER, de vader der moderne psycho-physica, die het goed recht der eerste hypothese, op scherpzinnige wijze bepleitte en met zijne uitlegging en aanvulling der door WEBER gevonden wet, het duistere gebied der gewaarwordingen betrad, ten einde ook hen voor maat en getal toegankelijk te maken.

Om de beteekenis van het optreden van FECHNER naar waarde te beoordeelen, diene men zich echter hiervan wel te doordringen, dat FECHNER, onafhankelijk van de wet van WEBER, dus als 't ware buiten de causaliteitsverhoudingen van prikkels en hun gewaarwordingen om, deze bewustzijnsgegevens onderling gaat vergelijken. Hij plaatst zich niet in het objectieve leven om de subjectieve gewaarwordingen van daaruit te beschouwen, maar neemt eerst de gewaarwordingen ter hand, om van hen uitgaande tot de objectieve oorzaken af te dalen. FECHNER's geheele systeem bepleit het goed recht der gewaarwording om als een grootheid beschouwd te worden, die evenals andere grootheden, met een identieke grootheid die haar tot maatstaf

§ 10. Fechner's psycho-physica.

dient, kan vergeleken worden. Dit goed recht aan de gewaarwording toegekend, de kern van FECHNER's geheel psycho-physisch systeem, leidt tot twee fundamenteele stellingen waarin men zijn betoog zou kunnen samenvatten. De eerste luidende: »Wat door het bewustzijn als gelijke verschillen in gewaarwording, als gelijke onderscheidsgewaarwordingen *wordt aangegeven, zijn* ook inderdaad *gelijke gewaarwordingsverschillen*”, en de tweede: »Wat WEBER noemde *even merkbare* verschillen in gewaarwording dient te worden opgevat als *gelijke verschillen* in gewaarwording”.

Zoowel dus in het geval, dat de prikkels met groote, doch in onderlinge verhouding gelijk blijvende trappen opklimmen, als in het geval, dat zij met verschillen stijgen, die juist de waarde van de absolute onderscheidsgewaarwordingsgrens bezitten: zoowel dus bij een *ruim merkbaar* en door 't bewustzijn »gelijk” genoemd onderscheid in gewaarwording als bij een *even merkbaar* onderscheid in gewaarwording, telkens neemt de bewustzijnreactie, die gewaarwording heet, met gelijke verschillen toe. Zijn deze verschillen nu met elkaar vergelijkbaar? zijn zij als een enkelvoud op veelvouden deelbaar? Kan de maatbepaling dezer gewaarwordingsverschillen ook leiden tot maatbepaling der gewaarwordingen zelve? Ziedaar de vragen die FECHNER zich ter beantwoording stelde.

Later, gaat hij het psycho-physisch proces ontleden, wat aan die eigenaardige verhouding tusschen prikkel en gewaarwording het aanzijn geeft.

FECHNER dan begint zich af te vragen, wat er principieel tegen is *verschillen in gewaarwording* in grootte met elkaar te vergelijken. Indien wij toch in een

willekeurig zintuiggebied meerdere waarden hebben, die men in zooverre als grootheden kan beschouwen, dat men ze aangroeiend of afnemend kan denken, indien dan de mogelijkheid verder bestaat de gelijkheid of ongelijkheid van twee of meer dezer waarden te beoordeelen, wanneer zij simultaan of successief in oogenschouw kunnen worden genomen, dan is er toch niets tegen, een totaalgrootheid te denken, uit deze afzonderlijke waarden opgebouwd, en deze het zooveelvoud van ieder dier afzonderlijke grootheden te noemen.

De n gelijke deelen waaruit een totale grootheid kan gedacht worden opgebouwd te zijn, komen natuurlijk overeen in grootte met de n gelijke deelen waarin zij kan gesplitst worden gedacht ¹⁾. Op 't bewustzijn toegepast zou dat heeten: Een onderscheidsgewaarwording tusschen twee ver uit elkander liggende prikkels kan gedacht worden te bestaan uit een aantal gelijke onderscheidsgewaarwordingen, tusschen bij elkaar liggende prikkelparen.

Niets anders toch is het physische meten; ook hier laat de gelijkheid of ongelijkheid van meerdere grootheden zich evenmin absoluut zuiver bepalen, ook hier kleven aan zoo nauwkeurig mogelijk genomen metingen, b.v. in astronomisch en geodetisch gebied nog constante of waarschijnlijkheidsfouten. Toch blijft het bovengenoemd principieel de grondslag voor physische meting.

Doch — afgezien van theoretische bespiegelingen —

¹⁾ FECHNER Ueber die Psychischen Massprincipiën u. d. Webersche Gesetz Phil. Stud. IV. Band 2 Heft, p. 179 en vlg.

viert de psychische maat niet reeds haar schoonste triomfen in de astronomie, ja zelfs in de psychophysica, gevoerd vaak door zijn scherpste tegenstanders?

Sinds eeuwen toch hebben de astronomen de sterren naar hunne helderheid in klassen verdeeld en dat niet volgens hun absolute objectieve lichtsterkte, maar volgens den subjectief gewekten lichtindruk. Zij stelden het verschil in helderheid tusschen ster α en β gelijk aan het verschil in helderheid tusschen β en γ omdat het gewaarwordingsonderscheid tusschen α en β hen even groot toescheen als het gewaarworden onderscheid tusschen β en γ . Hier werd dus zuiver met psychische indrukken gemeten; twee grootheden alleen psychisch te bepalen, werden naast elkander gelegd, gemeten en gelijk bevonden. En bevestigde de physische contrôle dat de psychische meting inderdaad juist geweest was? Ja want eeuwen, nadat reeds deze op psychische grondslagen steunende verdeeling had plaats gehad, leerde het photometrisch onderzoek, dat werkelijk die sterren lichtsterkten bezaten die in een meetkunstige reeks opklommen; zoodat de wet van WEBER hier bewaarheid werd en wel met dien verstande dat, wat volgens WEBER gold voor het *even merkbare* gewaarwordingsonderscheid of de onderscheidsgewaarwording ook toepasselijk moest worden op 't ruim merkbare gewaarwordingsonderscheid.

Maar, zegt FECHNER, er is nog meer. Ook de methode der gemiddelde schattingen, op zulk een scherpzinnige wijze door PLATEAU uitgewerkt, toont het goed recht van een psychischen maatstaf ten duidelijkste. Immers, indien het mogelijk is tusschen twee

disparate gewaarwordingen, hetzij in het zintuiggebied van het gezicht of in dat van het gehoor, een derde gewaarwording te zoeken, die een zelfde onderscheid in gewaarwording teweeg brengt, wanneer deze derde, hetzij met de eerst, hetzij met de laatst gezochte vergeleken wordt en wanneer het dan blijkt, dat de prikkels, die wij hebben moeten bezigen tot het opwekken dier zich aldus tot elkaar staande gewaarwordingen, geen absolute maar relatieve verschillen vertoonen; dan lijdt het geen twijfel of wij zijn ook in staat psychisch te meten. En indien dit nu waar is voor ruim merkbare gewaarwordingsverschillen, met welke de methode der gemiddelde schattingen werkt, dan, zoo redeneert FECHNER, geldt dit toch ook voor de even merkbare onderscheiden, waarmede WEBER experimenteerde.

Ook deze moeten als gelijke gewaarwordingsverschillen worden opgevat. Immers het ruim merkbare van een gewaarwordingsonderscheid staat tot het even merkbare als een grooter deel tot een kleiner deel van een zelfde grootheid. En waar het ontstaan van twee grootere gelijke deelen door dezelfde mathematische prikkelverhouding in 't leven geroepen wordt, als dat van twee kleinere deelen, daar mogen we, zoo we bewijzen kunnen, dat die twee grootere deelen aan elkaar kunnen gelijk gesteld worden, ook de twee kleinere aan elkaar gelijk stellen.

Doch ook op zijn eigen experimenten steunt FECHNER bij het verdedigen dezer stelling. De methode der kleinst merkbare verschillen heeft FECHNER, ter toetsing van de wet van WEBER, steeds op zoodanige wijze gebruikt, dat hij een mogelijke gelijkstelling der kleinst waargenomen verschillen op alle verschillende plaatsen

der prikkel- en der gewaarwordingscala voor oogen hield.

§ 11. Meting
van 't gewaar-
wordings-
onderscheid.

FECHNER trekt uit deze beschouwingen het volgende besluit: indien men bepaalt het gewaarwordingsonderscheid, dat bij ons ontstaat, telkens als een aantal in gelijke relatieve verhouding opklimmende prikkels op ons bewustzijn inwerken, dan is het gewaarwordingsverschil tusschen den eersten prikkel dezer meetkundige reeks en den laatsten zooveel maal het gewaarwordingsverschil van twee tusschen gelegene relatief opklimmende prikkelparen, als er zoodanige paren ingeschoven zijn. Is het verschil der prikkels, die een paar vormen, gelijk aan de absolute gevoeligheidsgrens (d. w. z. zoo klein dat elke nog zoo geringe vermindering van het verschil in sterkte dezer twee prikkels, hen niet langer als twee, maar als één prikkel doet aanzien), dan kan men deze absolute grenswaarde der onderscheidsgoedigheid als eenheid op het gewaarwordingsonderscheid tusschen twee, op hun intensiteitschaal verder uiteen liggende prikkels, uitzetten.

Eenvoudig voorgesteld is FECHNER's opvatting de volgende:

Stel:

A, B, C, D en E

vijf prikkels die zich onderling verhouden, zóó, dat

$$\frac{B}{A} = \frac{C}{B} = \frac{D}{C} = \frac{E}{D} \text{ is;}$$

stel verder de door hen opgewekte gewaarwordingen

a, b, c, d en $e,$

dan is het gewaar geworden onderscheid tusschen prikkel A en prikkel B gelijk $b-a$, tusschen B en C gelijk $c-b$ enz.

Passen we dan met FECHNER de wet van WEBER, die voor onderscheidsgewaarwordingen geldt, ook toe op gewaarwordingsonderscheiden, dan is:

$$b-a = c-b = d-c = e-d.$$

Waaruit volgt, dat men 't gewaarwordingsonderscheid tusschen A en E kan denken opgebouwd uit 4 grootheden die, omdat zij volgens FECHNER onderling gelijk zijn, bijgevolg allen als eenheden gebruikt kunnen worden.

Gewaarwordingsonderscheid $e-a$ is dus zoowel $4 \times (b-a)$ als $4 \times (e-d)$ of $4 \times (c-b)$.

Hiermede nu meent FECHNER de meetbaarheid van het gewaarwordingsonderscheid te kunnen bepleiten. Thans doet hij een stap verder, om te komen tot de meting der gewaarwording zelve en door een eenvoudige redeneering, aansluitend aan de vorige, komt hij hiertoe. Hij roept n. l. het ervaringsfeit ter hulp, dat de prikkel om een zekere gewaarwording in het leven te kunnen roepen, een grens moet overschrijden. Staat de prikkel juist op die grens, dan is de gewaarwording = 0.

§ 12. Meting der gewaarwording.

Welnu, stel weer in de bovengenoemde prikkelreeks

A, B, C, D, E

de corresponderende gewaarwordingen

a, b, c, d en e

en de resulterende gewaarwordingsverschillen

$$b-a, c-b, d-c, e-d:$$

dan zagen we, dat in zulks een reeks de grootte van het gewaarwordingsonderscheid tusschen welke twee termen dier reeks ook, gelijk was aan de som der tusschengelegene gewaarwordingsverschillen of:

$$\begin{aligned} \text{gewaarwordingsonderscheid } e-c &= 2 \times \text{gew. ond. } (d-c) \\ &\text{of } = 2 \times \text{gew. ond. } (e-d) \\ &\text{daar } d-c = e-d \text{ is.} \end{aligned}$$

Nemen wij nu $d-c$ als eenheid, dan is gewaarwordingsonderscheid $e-c = 2 \times 1 = 2$.

Nu kunnen we ons voorstellen dat b.v. de prikkel C juist de grenswaarde bereikt, zoodat de gewaarwording c , die hij opwekt $= 0$ is. Deze verandering is willekeurig in te voeren; in dat geval echter zal weer $(e-c)$ gelijk $2 \times (d-c)$ zijn, maar dan zal ook e tweemaal zoo groot als d zijn, wijl $c = 0$ is. Bouwen we nu verder onze relatieve prikkelreeks in dien zin op, en vergelijken we de daaruit resulterende gewaarwordingenreeks, dan zien we dat de sterkere gewaarwording een veelvoud van de zwakkere is; immers zoo op prikkel E nog prikkel F volgde, zou gewaarwording f volgens dezelfde redeneering, driemaal zoo groot als d zijn.

Thans is de koene sprong gewaagd. Niet alleen de gewaarwordingsverschillen, ook de gewaarwordingen zelve zijn in elkaar meetbaar. Thans dient nog slechts een absolute maat der gewaarwording opgespoord, uitgedrukt in prikkelgrootte.

§ 13. Mathematische afleiding.

Ik zal FECHNER in zijn mathematische afleidingen hier niet trachten te volgen, doch liever in een eenvoudige redeneering pogen weer te geven, hoe hij tot zijn

absoluten maatstaf der gewaarwording is gekomen.

Stelle men zich voor twee rijen van verschijnselen, in twee verschillende gebieden plaats grijpend en tot elkander in oorzakelijken samenhang staande; telkens als eene term der eene reeks een gelijk groote *relatieve* vermeerdering ondergaat, beantwoordt de tweede reeks dit met een gelijk groote *absolute* vermeerdering. Op twee zich aldus verhoudende verschijnselenreeksen, mag het mathematische principie toegepast worden, n.l. dat ook de tusschenliggende aangroeiingen der eene reeks tot de tusschenliggende aangroeiingen der andere, in een recht evenredige verhouding staan, wanneer de afstand waarover deze genomen worden, maar zeer klein zij.

Indien nu van twee, zoodanig van elkaar afhankelijke verschijnselenreeksen, de aanvangsterm in de eerste reeks een zekere numerieke waarde reeds kan bereiken, waarop de andere met de grootheid *o* antwoordt, dan hebben voor ons twee rijen van waarden, die met elkaar samenhangen als de *logarithmus* en zijn *bijbehoorend getal*.

Immers ook de absolute aangroeiingen der logarithmus blijven even groot als de relatieve vermeerdering der bijbehoorende getallen gelijk blijft; verder zijn de aangroeiingen der logarithmi recht evenredig met die der getallen, wanneer ze maar klein genoeg genomen worden en eindelijk begint de logarithmus op te treden met waarden, die de nulwaarde overtreffen, niet bij de nulwaarde van het getal, doch bij een eindwaarde = 1, daar immers $\log. 1 = 0$ is.

FECHNER meende nu de wet die de grootte der gewaarwording bepaalt, aldus te mogen formuleeren. De

grootte der gewaarwording (s) staat in verhouding *niet* tot de absolute grootte van den prikkel (r), maar tot den logarithmus van de prikkelgrootte, wanneer deze wordt uitgedrukt in de prikkelgrenswaarde, d. w. z. in die grootte als eenheid genomen, waarbij de gewaarwording ontstaat en verdwijnt (ρ)

$$\text{of } s = k \log. \frac{r}{\rho}$$

waarin s de gewaarwording, r de absolute prikkelgrootte, ρ de prikkelgrens en k een constante beduidt, afhankelijk van de gekozen eenheid en van het logarithmische systeem.

Is ρ nu gelijk aan die prikkelwaarde waarbij de gewaarwording gelijk 0 wordt, dan is

$$s = k \log. r \text{ 1}).$$

1) Door een eenvoudige mathematische herleiding komt men aldus tot de formules van FECHNER.

Zij g de gewaarwording, gewekt door prikkel p , d de aangroeiing dier gewaarwording, wanneer een merkbaar onderscheid gevoeld wordt; $(1 + \alpha)$ het relatieve verschil waarmede de prikkel opklimt, dan is de arithmetische reeks der gewaarwordingen:

$$g, g + d, g + 2d, g + 3d \dots \text{enz.}$$

in het algemeen is een willekeurige gewaarwording $g_n = g + (n-1)d$.

De prikkelreeks, die met de voorgaande parallel loopt en met het relatieve verschil $1 + \alpha$ opklimt, zij voorgesteld aldus:

$$p, p + (1 + \alpha), p + (1 + \alpha)^2, p + (1 + \alpha)^3.$$

in het algemeen is $p_n = p + (1 + \alpha)^{(n-1)}$.

Nu geldt het te bepalen, waaraan een willekeurige gewaarwording g_n kan gelijk gesteld worden:

$$\text{Uit } g_n = g + (n-1)d \quad \text{en} \quad p_n = p + (1 + \alpha)^{(n-1)}$$

wordt $(n-1)$ geëlimineerd.

$$(n-1) = \frac{g_n - g}{d} \quad \text{en} \quad (n-1) = \frac{\log. p_n - \log. p}{\log. (1 + \alpha)}$$

De gewaarwording is dan gelijk aan den logarithmus van den prikkel.

$$\text{of } \frac{g_n - g}{d} = \frac{\log. p_n - \log. p}{\log. (1 + \alpha)} \quad \text{waaruit volgt:}$$

$$g_n = \frac{d}{\log. (1 + \alpha)} \log. p_n - \frac{d}{\log. (1 + \alpha)} \log. p + g$$

nu kan $\frac{d}{\log. (1 + \alpha)}$ aan k , een konstante, gelijk gesteld worden; immers tusschen deze twee grootheden moet voor alle g 's en bijbehorende p 's bij hetzelfde proefdier dezelfde verhouding blijven; dit toch is de Fechner'sche onderstelling. Het quotient stelt dus voor de verhouding tusschen de aangroeiing der gewaarwording en den log. van 't relatieve verschil. Verschillende proefdieren b.v. kunnen bij dezelfde $(1 + \alpha)$ een andere d geven.

$$\text{Zij dus } \frac{d}{\log. (1 + \alpha)} \text{ een konstante } k$$

$$\text{dan wordt } g_n = k \log. p_n - k \log. p + g$$

$$\text{of } g_n = k \log. \frac{p_n}{p} + g.$$

Dit geldt voor elke gewaarwording onverschillig welke aanvangsprikkel genomen wordt.

Voor het geval nu dat men de prikkelreeks begint men een prikkelgrootheid als eenheid, waarbij de gewaarwording nog $= 0$ is, dan

$$\text{wordt voor } p = 1 \quad g = 0$$

$$\text{en wordt } g_n = k \log. p_n$$

wat overeenkomt met Fechners' formule

$$s = k \log. r.$$

HOOFDSTUK III.

Verklaring der wetten van Weber en Fechner.

Nadat FECHNER op deze wijze de merkwaardige wet meende te kunnen formuleeren, dat de gewaarwording evenredig is aan den logarithmus des prikkels, was volgens hem de brug geslagen, die het *Physische* met het *Psychische* leven verbond.

Voor hem kwam thans aan de orde de groote vraag: waar is deze brug gelegen; waar grijpen de bizondere factoren in, welke aan deze afhankelijkheidsverhouding het aanzijn geven? Immers de fysieke prikkel veroorzaakt, voordat hij, gelijk men het uitdrukt, adaequaat wordt, d. w. z. in staat, om bewustzijnsfuncties op te wekken, in het organisme verschillende veranderingen. Vooreerst bewerkt hij een verandering in het percipiërend specifieke zintuig, brengt dit in een organische beweging; deze beweging wordt langs vele of weinige stations voortgeplant, die elk den ontvangen impuls weer in een eigenaardigen, door hen bepaalden vorm doorzenden naar de hersenschors; en dáar wordt de prikkel opnieuw, en wel, in een voor deze zenuwstof specifieke wijze, vervormd. Eerst deze beweging is dan de adaequate prikkel, waarop het bewustzijn met een gewaarwording antwoordt. Hoe vele vorm-

veranderingen nu de somatische beweging heeft ondergaan, vóór het bewustzijn haar percipiëert, kunnen wij ter zijde laten, korthedshalve noemen wij met FECHNER de laatstgenoemde de *Psycho-physische Beweging*. Deze is dus de bewegingsvorm, waarin de uitwendige prikkel aan het centraal orgaan aankomt, om een gewaarwording op te wekken. Nu weten wij van 't proces der vervorming dezer beweging niets, alleen weten wij, dat ergens een rij impulsen, wier sterkte elkander in geometrische orde opvolgt, omgezet wordt in een rij effecten, wier sterkte in arithmetische orde opklimt; dat ergens twee parallelrijen zullen ontstaan, van welke de samenstellende deelen tot elkaar kunnen geacht worden te staan zooals wij ons den logarithmus tot zijn bijbehorend getal denken. Waar heeft die omzetting plaats? Twee meeningen dingen om den voorrang bij de beantwoording dezer vraag; of liever, voorloopig spreek ik slechts van twee meeningen; later hoop ik nog een woord aan andere theorieën te wijden, die misschien meer licht over de in 't lichaam zich afspeelende processen zullen doen schijnen. Ik wensch thans slechts de twee meest belangrijke meeningen te vermelden en aan een onderlinge vergelijking te onderwerpen, n.l. zij, die als de z.g. *Psycho-physische* en de *Physiologische* duiding der wet van FECHNER bekend zijn.

De *Psycho-physische leer* dan, wil elke intensiteitsverandering, dus ook de omzetting van een absolute sterkte des prikkels in een van haar afhankelijke logarithmische waarde, (en het is deze verandering welke de prikkel in zijnen loop van uit de physische middenstof tot het sensorium ergens ondergaan heeft),

§ 14. Psycho-physische leer.

als eene door de Psyche in 't leven geroepene beschouwen. Zoodra de prikkel het soma treft en dan in 't percipiërend zintuig een beweging opwekt, zijn het twee *physische* processen, die op elkaar werken; hun wederzijdsche inwerking is elkander rechtstreeks evenredig in sterkte. Alleen wanneer de Psyche den prikkel verwerkt tot gewaarwording, verdwijnt deze rechtstreeksche evenredigheid, om voor een andere plaats te maken; n.l. voor een afhankelijkheidsverhouding, zooals wij die van logarithmus tot getal denken. Rechtstreeksche evenredigheid zou dus bestaan tusschen prikkel en de door haar opgewekte Psycho-physische beweging — in haar ruimsten boven aangeduiden zin opgevat — logarithmische verhouding tusschen reactie van den psycho-physischen prikkel op 't bewustzijn, zijnde de gewaarwording, en den psychophys-prikkel zelfe.

Ziedaar in 't kort de hypothese die men de Psycho-physische noemt, waarvan FECHNER de vader is, en welke hij zijn gansch wetenschappelijk leven door, met zooveel warmte en scherpzinnigheid verdedigd heeft.

§ 15. Physio-
logische leer.

Daartegenover staat de *Physiologische* leer, die het niets bevreemdend vindt, dat de prikkel, zoodra hij eenmaal het zintuigelement in werking heeft gebracht, omgezet wordt in een beweging, die van de oorspronkelijke afhangt in den zin van FECHNER's getal in logarithmus. Eerder meenen de voorstanders dezer opinie, dat een rechtstreeksche proportionaliteit tusschen twee zuiver lichamelijke processen als bewustzijn-perceptie en somatische zenuwbeweging mag aange-

nomen worden, dan een logarithmische afhankelijkheidsverhouding. Het ontstaan dezer laatste indien dit al plaats grijpt achten zij genoegzaam gebillijkt door de inwerking van een fysiek agens op het dierlijk organisme.

Het is duidelijk, dat FECHNER's geheel psychologisch, zoowel als mathematisch systeem, zijn geheele formulering der grootheden, die hierbij een rol spelen, zijn beschouwingswijze omtrent al de attributen, die de prikkel moet hebben om gewaarwording te worden, eindelijk zijn geheele opvatting omtrent de plaats, die de wet van WEBER in de keten, die prikkel en gewaarwording verbindt, inneemt, het is duidelijk dat dit alles innig samenhangt met, en grootendeels voortvloeit uit zijne Psycho-physische beschouwingswijze. Het mag nu vreemd klinken, dat de man, die het eerst het parallelisme tusschen somatische en psychische verschijnselen durfde bepleiten, die zelve de stelling heeft verkondigd, dat de reeksen der psychische en somatische verschijnselen slechts twee uitdrukkingswijzen zijn van hetzelfde zich in 't lichaam afspelende proces, dat die man de aan deze beschouwing zoo juist tegemoet komende rechtstreeksche proportionaliteit dezer twee rijen loochent, en eerder een *veel meer* gecompliceerde afhankelijksverhouding wil aannemen.

Het ligt echter ook voor de hand dat consequenterwijze in de gedachtengang van FECHNER, de door de onderzoekingen van WEBER tot onze kennis gekomen ervaringsteiten, in een eigenaardig licht moeten verschijnen. Wij kunnen niet scherper het onderscheid tusschen de *physiologische* en *psycho-physische* hypothese

§ 16. Gevolgen van Fechner's opvatting.

doen uit komen, dan door de meening van FECHNER weer te geven, omtrent de verklaring der attributen, die de gewaarwording ten opzichte van den prikkel kenmerken. De eerste vraag die zich dan voordoet is, hoe beschouwt FECHNER het ervaringsfeit, dat de prikkel een *grenswaarde* moet overschrijden, eer hij een effect i.e. een gewaarwording opwekt? Wáár heeft de aanzwelling plaats noodig voor dit effect? Waarin vindt zij haar oorzaak? En de tweede vraag volgt dan vanzelf. Hoe moet het andere ervaringsfeit verklaard worden, dat het bewustzijn niet tusschen alle opgewekte gewaarwordingen onderscheid ziet, waar-tusschen inderdaad objectief prikkelverschil bestaat?

De eerste vraag behelst de wijze van ontstaan en de localisatie der prikkelgrenswaarde, de tweede der grenswaarde der onderscheidsgewaarwording.

§ 17. Fec-
ner's Prikkel-
grenswaarde.

Ad 1. De absolute prikkelgrenswaarde. De physioloog, die proportionaliteit aanneemt tusschen bewustzijnsactie en zenuwbeweging, nadat de prikkel in zenuwbeweging is omgezet, de physioloog heeft er vrede mede, dat een uitwendige prikkel eerst tot een zekere hoogte moet stijgen, vóór hij die zenuwbeweging in het percipieerend zintuig kan opwekken, welke als adaequate prikkel naar 't sensorium kan doorgezonden worden. Voor hem heeft het bestaan van een prikkelgrenswaarde niets vreemds; hij vindt die terug aan zijn reflexapparaat, ja overal waar ter verkrijging van effect een zekere weerstand moet overwonnen worden; het doet niet ter zake waarvan die bestaande weerstand de uitdrukking is. Vooreerst kan het de reeds aanwezige zenuwbeweging zijn, die door den

aankomenden prikkel in sterkte moet overtroffen worden. In dat geval is het plus aan sterkte dat de prikkel moet erlangen om zich boven de bestaande zenuwbeweging te doen opmerken door 't zintuig, gelijk aan de onderscheidsgrenswaarde der gewaarwording. De sterkte der aethertrilling bijv. moet een zenuwbeweging wekken, sterker dan de in het oog reeds aanwezige beweging, wil het individu den indruk krijgen van objectieve lichtvermeerdering.

Ook is het mogelijk dat het receptieve orgaan *tabula rasa* is, en dat een physische prikkel eerst een zekere absolute hoogte moet bereiken, vóór hij in staat is een ontlading in 't zintuigelement op te wekken. Hoe dit zij: de physioloog ziet in de eigenschap van den prikkel een grenswaarde te moeten overschrijden, vóór hij organische werking ontvouwt, geen argument tegen zijn leer. Alleen eischt hij, dat, zoodra een organische werking als resultaat van prikkeling ontstaat, zij dan direct door 't bewustzijn kan worden gepercipieerd, en ziet hij de noodzakelijkheid niet in om een nieuwe afhankelijksverhouding tusschen zenuwbeweging en bewustzijnstoestand in te voeren. Dat ook de physioloog toegeeft, dat hier nog vele leemten in zijn beschouwing bestaan die noodzakelijkerwijze slechts door eene psychologische verklaring zullen kunnen aangevuld worden, spreekt vanzelf en zal later besproken worden.

FECHNER daarentegen, de voorstander der rechtstreeksche evenredigheid tusschen prikkel en opgewekte zenuwbeweging, i. e. psycho-physische beweging, zou gaarne iederen prikkel organische werkingen laten ontvouwen, doch vóór het bewustzijn deze als merkbare ge-

waarwording percipiëerde, moest eerst de opgewekte psycho-physische beweging zekere grenswaarde overschrijden. De door het experiment geëische grenswaarde zou dan een »inwendige» zijn, terwijl de physiologen haar als een »uitwendige» beschouwen.

Veel te ver zou 't mij voeren alle bewijzen van FECHNER bijeen te brengen, waarmede hij het bestaan zijner »innere Schwelle» staat. In zooverre het de verklaring van het ervaringsfeit geldt, dat de het zintuig treffende prikkel eerst een zekere grenswaarde moet overschrijden alvorens bewustzijnsreactie op te wekken, is 't, wil men in harmonie met de overige physiologie blijven, bijna niet mogelijk een ander als het physiologische standpunt te huldigen. FECHNER geeft dan ook in zijn laatste geschriften, vooral in zijn allerlaatste verhandeling, verschenen in WUNDT'S Phil. Studien, toe, dat 't denkbaar is, dat een prikkel *daarom* geen gewaarwording wekt, *niet*, wijl de inderdaad opgewekte psycho-physische beweging de grenswaarde nog niet heeft overschreden, waarop 't bewustzijn met een gewaarwording antwoordt, maar omdat de prikkel te zwak was om psycho-physische bewegingen op te wekken. — Toch kan hij zich een prikkel denken die *wèl psycho-physische beweging* opwekt, maar toch door 't bewustzijn als zoodanig niet waargenomen wordt. In zoodanig geval herneemt de »innere Schwelle» haar recht, de beteekenis is echter eenigzins een andere. In zoo'n geval mag niet betwijfeld worden, dat de oorzaak der grenswaardeoverschrijding moet geacht worden *in* het centraalorgaan, niet in de peripherie plaats te grijpen.

Interessant is het na te lezen wat FECHNER in de

boven aangehaalde publicatie in Wundt's Phil. Studien te berde grengt, als wanneer hij nog eenmaal, zooals hij schrijft, op 86 jarigen leeftijd zijn »Streitross zum Ritt in's Romantische Land der Psychophysik" zadelt ¹⁾.

Hij neemt het voorbeeld ter hand, van den viooltoon te midden van een gedruisch makende menschen-massa.

Door de massa zal de viooltoon het oor niet afzonderlijk bereiken, terwijl hij toch bijdraagt om aan het geheel een eigenaardig karakter te geven. Wanneer zal het luisterend oor de viooltoon, afgescheiden van het omgevend geruisch onderscheiden? Slechts in het geval, dat òf het vergezellend gedruisch wegvalt òf dat hij zelve zich door een zekeren graad van sterkte boven 't gedruisch verheft. De graad nu van intensiteit, waartoe deze toon moet stijgen, F. noemt de »Mischungsschwelle", het gedruisch zelve, de »vorgängige Bewegung".

Indien dus een prikkel het lichaam in wakenden toestand treft en tot het sensorium doordringt, vindt hij dit zelden leeg, meestal door een of andere psychophysische beweging, die niet zooals hier van 't objectieve gedruisch afhankelijk was, in bezit genomen. Dit nu is FECHNER'S voorafgaande beweging. Ook kan *gelijktijdig* met het inwerken van de *aankomende beweging* een andere beweging te voorschijn treden; dit noemt hij dan de *vergezellende beweging*.

De aankomende prikkel mengt zich met deze twee, met de *aanwezige* of *voorafgaande* of met de *vergezellende*. De gewaarwording verandert nu door dit alles in toto wel van karakter, echter bemerkt het bewust-

1) Philos. Stud. IV, 2 p. 202 en vlg.

zijn niets van den aard van de nieuw aankomende beweging afzonderlijk. De viooltoon werd wel te zamen met 't volksgedruisch gehoord, niet afgescheiden.

Gaarne zou FECHNER iederen versch invallenden prikkel beschouwen als in wedstrijd komende met de inwendige aanwezige psychophysische beweging en daaruit 't feit der grenswaarde verklaren.

Hoeveel eenvoudiger echter is de opvatting, die aan 't begin van den aangreep des prikkels aan 't receptieve orgaan, dezelfden wedstrijd laat afspelen.

Welk orgaan is toch vrij van inwendige beweging zelfs in rust? Men denke aan het eigen licht van het oog.

Uit den grooten met groote scherpzinnigheid saamvergaarden feitenschat ter staving van FECHNER's opvatting der prikkelgrenswaarde, deel ik als teekenend voorbeeld slechts dit eene mede. Men krijgt een denkbeeld van welk gezichtspunt uit FECHNER een der zwakke punten van zijn systeem: het bestaan der onbewezen en onbewijsbare innere Schwelle, tracht plausibel te maken.

§ 18. Fec-
ner's onder-
scheidsgrens-
waarde.

Ad 2. Thans dient met een kort woord besproken het feit, dat er een grenswaarde voor de onderscheidsgewaarwording bestaat; 't kan toch zijn, dat twee lichtvlakten voor ons oog zichtbaar zijn, dat zij fysisch aan verschillende objectieve lichtsterkten beantwoorden en dat wij toch geen onderscheid tuschen hen waarnemen m. a. w., dat zij geen onderscheidsgewaarwording opwekken.

De physioloog tracht dit verschijnsel te verklaren

door aan te nemen, dat, wanneer het bewustzijn tusschen twee gelijksoortige prikkels geen onderscheid vermag te zien, er inderdaad bij zulk een gering prikkelverschil ook geen onderscheid tusschen de twee opgewekte zenuwbewegingen bestaat; m. a. w.: prikkels met een zeer klein objectief verschil geven dezelfde gewaarwording.

Volgens FECHNER echter ligt de oorzaak van dit verschijnsel in een schattingsfout van onze zijde.

Deze schattingsfout nu is een fout van tijd en ruimte en komt daarop neer, dat de twee psycho-physische bewegingen, die wel degelijk dezelfde objectieve ongelijkheid als de prikkels hebben, niet te zamen vallen en in tijd en in ruimte; ware dit wel het geval, dan zouden wij ook het onderscheid, dat inderdaad bestaat, waarnemen. Het is dus als met twee lengtematen, die een zeer klein verschil opleveren b.v. van 100 en 101. Zoo deze langs elkaar liggend worden beschouwd, zal het verschil in 't oog springen; worden zij successief in elkaars verlengde (ruimte-fout) en na elkaar (tijdfout) waargenomen — zij zullen den indruk maken van gelijk te zijn ¹⁾.

Geen wonder dat FECHNER, als hij voor de verklaring der onderscheidsgewaarwordingsgrens niet buiten een inwendige prikkelgrens kon, ook voor de gewone gewaarwordingsgrens een inwendige prikkelgrens blijft aannemen.

Maar indien dan de prikkel om een gewaarwor-

§ 19. Negatieve gewaarwordingen.

¹⁾ Deze opvattingen van FECHNER zijn nieuw en voor 't eerst in de bovengenoemde publicatie in „Wundt's studiën” verschenen; zij maken echter zijn psych. phys. systeem verre van aannemelijker en harmonieeren niet op vroegere inzichten gebaseerde mathem. formuleeringen.

ding op te wekken een bepaalde hoogte moet bereikt hebben en deze hoogte gelijk is aan de hoogte der psychophysische beweging, dan blijven er prikkelsterkten over die wel psychophysische beweging in den zin van FECHNER, maar geen gewaarwording wekken.

Dit nu zijn de z.g. negatieve gewaarwordingen van FECHNER. Het invoeren van negatieve gewaarwordingen heeft iets zeer onbevredigends. — Mathematisch juist, en van de eens opgezette formuleering strikt noodzakelijke gevolgen, is het zeer moeilijk om er zich physiologisch een voorstelling van te maken. Groot is dan ook de strijd zoowel over de inwendige grenswaarde als voornamelijk over de negatieve gewaarwording.

Het aannemen van beiden is echter een postulaat in FECHNER's psychophysisch systeem. De beteekenis der negatieve gewaarwordingen zou — wil men zich er nog een voorstelling van maken, deze zijn, dat zij een maat vertegenwoordigen voor datgene wat nog aan de psychopsychische beweging ontbreekt om gewaarwording te worden. Den strijd over de negatieve gewaarwording door LANGER, DELBOEUF e. a. gevoerd, te vermelden, zou de grenzen van een proefschrift ver te boven gaan.

In twee woorden zij FECHNER's systeem hier nog even weergegeven.

Wat WEBER voor gelijke onderscheidsgewaarwordingen vond, breidde FECHNER uit voor de gewaarwordingsonderscheiden; daarmee betreedt FECHNER met een maatbepaling het gebied der inwendige psycho-physics, terwijl WEBER zich alleen op dat der uitwendige be-

woog. FECHNER meet de gewaarwordingsverschillen aan andere gewaarwordingsverschillen, ompaalt het eene gewaarwordingsverschil als 't ware als eenheid om het op het andere, de veelheid, uit te zetten. Daar beiden ten slotte tot prikkelverschillen in bepaalde verhouding moeten terug gebracht worden, komt hij door een kunstgreep tot meting der gewaarwording zelve, uitgedrukt in prikkelgrootheden. Dat de afhankelijkheidsverhouding tusschen prikkel en onderscheidsgewaarwording door de wet van WEBER geëischt, ons hier en daar in den steek laat, spruit hieruit voort, dat wij gedwongen zijn den uitwendigen ver verwijderden prikkel met de gewaarwording te vergelijken terwijl wij dit behoorden te doen met de inwendige, de psychophysische beweging, die voor onze benadering echter niet toegankelijk is. Zij toch regelt de eigenaardigheden, die wij als grenswaarde en onderscheidsgrenswaarde voor de gewaarwording hebben leeren kennen.

Na aldus de physiologische opvatting tegenover de psycho-physische van FECHNER in groote trekken recht te hebben laten wedervaren, met 't voornemen nog later op de physiologische zijde der verschijnselen terug te komen, mogen thans een korte vermelding vinden de meeningen van hen, die het aandeel dat de psyche neemt in de wording van prikkel tot gewaarwording, nader trachten te omschrijven.

Hun verklaringen, zoowel van de genese der door de wet van WEBER aan het licht gebrachte verschijnselen zoowel als hun duiding der maatbepalingen door FECHNER ontworpen, hangen innig samen met de psychologische systemen, die zij voorstaan.

Vooreerst zij een woord gewijd aan die voor-

standers der psychologische opvatting, die een maatbepaling in den geest van FECHNER mogelijk achten, doch haar op andere grondslagen wenschen te zien.

§ 20. Opvatting van Plateau en Brentano.

Het zijn PLATEAU en BRENTANO. Zij zijn degenen die het eerst de z.g. verhoudingshypothese op pag. 22 vermeld, opwerpen.

Indien FECHNER aanneemt, dat de eigen grootte der gewaarwording kan opgemaakt worden uit den graad van merkbaarheid, waarmede zij zich aan ons voordoet, zoodat *gelijkelyk merkbare* gewaarwordingsverschillen ook inderdaad absoluut gelijke gewaarwordingsverschillen zijn, (hun aanzijn dankend aan relatief gelijke prikkelverschillen), nemen PLATEAU ¹⁾ en BRENTANO ²⁾ aan, dat om gelijke merkbaarheid tusschen de gewaarwordingen te krijgen, deze gewaarwordingen zelve met *gelijke verhoudingen* moeten toenemen; m. a. w., zij m de merkbaarheid eener gewaarwording (g) en p de haar veroorzakende prikkel; zij Δ wederom het teeken, dat een aangroeiing van elk dezer factoren bedoelt, dan is

Δm constant als $\frac{\Delta g}{g}$ constant is en deze is weer constant als $\frac{\Delta p}{p}$ constant is; waaruit volgt dat

$$\frac{\Delta g}{g} = k \frac{\Delta p}{p}$$

k is wederom een constante van de prikkeleenheid afhankelijk.

Hieruit vloeit voort, dat om gelijke merkbaarheid te

¹⁾ PLATEAU sur la mesure des sensations physiques. Bullet. de l'Acad. Royale de Belg. F. XXXIII 1872.

²⁾ BRENTANO, Physiologie vom Empirischen Standpunkt, Th. I, p. 87 ff.

geven, de gewaarwordingen niet in een arithmetische maar in een geometrische reeks moeten toenemen, evenals de prikkels volgens WEBER behooren te doen.

Empirisch nu, schijnt in de meeste zintuiggebieden deze afhankelijkheidsverhouding toch niet de juiste te zijn ¹⁾. Immers aan de meeste experimentatoren heeft de methode der gemiddelde schattingen geleerd, dat, zoo gevraagd wordt drie prikkels te zoeken, die een effect geven, wat wij subjectief zóó duiden, dat het onderscheid tusschen effect a en effect b gelijk zij aan het onderscheid tusschen effect b en c , wij in dat geval steeds 3 prikkels gekozen hebben die in relatieve verhoudingen t. o. van elkander staan.

De groote vraag blijft nog altijd: of het bewustzijn wat tusschen drie grootheden moet beslissen, inderdaad ook als middelwaarde de arithmetische aanwijst. Dit toch nemen wij à priori aan bij deze methode van psycho-physisch onderzoek.

Empirisch staat FECHNER nog met een ander bewijs tegenover zijn tegenstanders, n.l. waar hij er op wijst, hoe, volgens de hypothese, die de gewaarwordingen rekenkundig laat klimmen, het een eisch is, dat de gewaarwording nog $= 0$ is als de prikkel reeds een eindige waarde verkregen heeft: immers slechts dan wordt de gewaarwording positief indien de prikkel deze waarde heeft overschreden. Daarentegen stelt de PLATEAU'sche hypothese voorop, dat de gewaarwording tegelijk met den prikkel $= 0$ is en reeds

1) Voor 't geluid heeft MERKEL in Wundt's Phil. Stud. IV en V. H. 4 met de methode der gemiddelde schattingen, toegepast op den klank die van verschillende hoogte vallende kogels maakten, getracht te bewijzen dat de verhoudings-hypothese voor dat zintuig meer waarschijnlijkheid zou hebben.

bemerkbaar is als de nulwaarde van den prikkel met nog zoo weinig is overschreden: m. a. w. er is geen eindige prikkelgrens. De ervaring nu leert, dat er wèl een eindige prikkelgrens is: want men kan den prikkel tot een zekere eindige grens verkleinen, en dan een gewaarwording zien optreden, die bij verdere eindige verkleining verdwijnt.

Nog dient hierbij vermeld dat een der vaders dezer formuleering, PLATEAU, haar naderhand, juist met 't oog op de uitkomsten der methode der gemiddelde schattingen, weer heeft laten varen.

§ 21. Wundt.

De beteekenis, die WUNDT aan de wetten van WEBER en FECHNER toekent, past geheel in zijn psychologischen gedachtengang, waarin het orgaan der apperceptie zulk een voorname rol speelt. Volgens WUNDT is de wet van FECHNER geen wet, volgens welke gewaarwordingen worden gemeten, maar is zij de regelaarster der faculteit der Apperceptie, een Apperceptiewet, als men dit wil. De wet bepaalt niet de verhouding tusschen prikkel en gewaarwording zelve, maar tusschen prikkel en de apperceptie der gewaarwording, d. w. z. »die faculteit van 't bewustzijnsleven waardoor de helderheid eener door het bewustzijn gepercipiëerde voorstelling aanzienlijk verhoogd wordt" 1).

De beteekenis der prikkelgrenswaarde wordt dan ook een andere. Terwijl F. aanneemt dat de gewaarwording zelve kan verdwijnen, hoewel een zekere waarde aan psycho-physische beweging nog bestaat, neemt

1) WUNDT Ueber das Webersche Gesetz Phil. Stud. Bd. 7 Heft 1 p. 33.

WUNDT aan dat de gewaarwording zelve met den prikkel in casu de psycho-physische beweging = o wordt. Alleen bij de prikkelsterkte van o tot die waarde, waarbij de gewaarwording merkbaar wordt, is zij niet geappercepiëerd. Negatieve gewaarwordingen, dat tegenstrijdige begrip in FECHNER's leer, wordt bij WUNDT niet geappercepiëerde gewaarwordingen. Hoe die niet geappercepiëerde gewaarwordingen zich nu gedragen, daarvan weten we absoluut niets.

De wetten van WEBER en FECHNER zijn daarom een bijzondere uiting van die algemeene wet, die volgens WUNDT's psychologische leerstellingen door geheel het sensorium heerschende is. Het bewustzijn zou van n.l. al de processen, die in zijn binnenste afspelen, slechts de relatieve, niet de absolute grootheid vermogen te kennen, daar de eerste alleen binnen 't bereik der apperceptie vallen.

Dit voert dan verder tot de vraag: zijn gelijk geappercepiëerde gewaarwordingsverschillen ook inderdaad objectief gelijke gewaarwordingsverschillen, en heeft men het recht om FECHNER's maatopvatting op deze geappercepiëerde deelen van 't gewaarwordingsleven toe te passen?

WUNDT beantwoordt die vragen bevestigend, doch stelt eenige zeer zware eischen.

Hij eischt n.l. om dat te kunnen doen, dat een absolute constantie van den bewustzijntoestand besta; slechts als gewaarwordingsveranderingen plaats grijpen in één en hetzelfde zintuig, onder standvastig blijvende tijdelijke en locale voorwaarden (of zooals hij het uitdrukt: bij intensiteitsveranderingen van eenen qualitatief onveranderlijken of ook bij qualiteitsverande-

ringen van eenen intensief onveranderlijken prikkel, die bovendien telkens onder dezelfde physiologische prikkelbaarheidsverhoudingen werkt) — slechts onder die voorwaarden, mogen wij de verschillende apperceptieveranderingen als beantwoordend aan gelijke gewaarwordingsonderscheiden aanzien.

Het intreden der apperceptie nu hangt deels af van den uitwendigen prikkel, deels van den toestand van 't bewustzijn zelve. De uitwendige prikkel zal des te moeilijker de aandacht trekken, de apperceptie wekken, naarmate deze door andere indrukken is in beslag genomen: de kracht waarmede het apperceptie-orgaan gewekt wordt, is niet slechts rechtstreeks evenredig aangroeiend met de sterkte des prikkels, maar ook omgekeerd evenredig met den prikkelingstoestand waarin het apperceptie-orgaan zich bevindt. Zoover WUNDT.

Men zal erkennen, dat het inroepen van dit hypothetische orgaan der apperceptie, de kwestie geen stap verder brengt, doch alleen door 't invoeren van dien nieuwen factor hulphypothesen, vraagt om zich de werking van dezen factor in de gegeven omstandigheden te verklaren.

Het psychologisch systeem, zooals het door WUNDT wordt voorgestaan, heeft zijn zwakke punt in het te hulp roepen van een nieuwe geheimzinnige macht, en laat nog meer onbevredigd dan het psycho-physische van FECHNER.

Eenvoudiger is de voorstelling van ZIEHEN, die met kracht tegen de invoering der apperceptie opkomt. Hij, in wiens geheel psychologische systeem, op het voetspoor der Engelsche associatie-psychologie,

de associatieve processen een nagenoeg uitsluitende rol spelen ter verklaring van alle bewustzijns toestanden, roept ook deze in ter duiding van de wet van FECHNER.

ZIEHEN ¹⁾ stelt zich het oogenblik voor, waarop de door het lichaam vervormde uitwendige prikkel in het centraalorgaan is aangekomen, ten einde aldaar den stoot te geven, die met een gewaarwording gepaard gaat. Hij laat de verschillende veranderingen buiten bespreking, die de prikkel heeft ondergaan om van fysisch somatisch te worden en beschouwt deze geheel als behoorende tot het physiologische gebied.

§ 22. Ziehen.

Indien *in het algemeen* een prikkel het sensorium bereikt, vindt hij hetzelfde of ledig of met verschillende psycho-physische stroomingen en voorstellingen gevuld. In 't geval dat het sensorium aldus in beslag is genomen door allerhande voorstellingen, zal een wedstrijd ontstaan tusschen de nieuw aangekomen en de aanwezige zenuwbeweging. De z.g. wet van HERING vindt dan haar toepassing, wanneer zij zegt: dat de reinheid, de duidelijkheid en de klaarheid eener willekeurige gewaarwording of voorstelling van de verhouding afhangt waarin de grootte der psycho-physische beweging, die deze gewaarwording moet bepalen, staat tot de grootte der psycho-physische bewegingen die reeds in het bewustzijn aanwezig zijn. In zulk een algemeen geval is geen concentratie van ons bewustzijn op dien aankomenden prikkel; hij wordt dus nauwelijks gepercipieerd en indien al gepercipieerd, zal van een inten-

1) ZIEHEN, Leitfaden der Physiologischen Psychologie 1896, p. 28 vlg.

siteitsvergelijking met andere identieke prikkels geen sprake zijn.

De wet van WEBER echter ter *intensiteitsvergelijking* van gewaarwordingen gebruikt, geldt voor het *bijzondere geval* dat ons bewustzijn inderdaad tabula rasa is. Wij hebben nl. al onze aandacht op de te vergelijken prikkels gevestigd, bij gevolg ons bewustzijn zooveel mogelijk van alle storende voorstellingen vrij gemaakt.

Wij vergelijken daarenboven prikkels, die met zeer kleine verschillen als 't ware sprongsgewijze opklimmen. Wat beduiden dan, in dergelijke proefnemingen, de gevonden afhankelijkheidsverhoudingen tusschen prikkel en gewaarwording?

Indien een prikkel P een gewaarwording opwekt en een tweede daaraan volgende P_1 , die slechts een klein bedrag van den eersten verschilt, niet in staat is een merkbaar onderscheid te weeg te brengen, dan wil dat volgens ZIEHEN niet zeggen, dat de binnen de merkbare onderscheidsgevoeligheid vallende prikkel P_1 , geen gewaarwording vermocht op te wekken, maar alleen, dat wij een gewaarwording van een andere, die binnen deze grenswaarde valt, niet vermogen te onderscheiden.

De twee gewaarwordingen beantwoordend aan P en P_1 , zijn wel — als 't ware objectief verschillend, maar hun verschil is niet zoo groot, dat zij de *voorstelling van onderscheid* kunnen wekken.

De wet van WEBER leert ons dus niets omtrent de grootte der gewaarwordingen zelve in verhouding tot die der prikkels, maar wel iets over ons vermogen om gewaarwordingen *te vergelijken* en dat slechts onder bepaalde omstandigheden. De wet van WEBER is dus

volgens hem een associatiewet. De prikkels moeten dáárom met bepaalde verschillen toenemen, opdat de met die prikkelverschillen aangroeiende gewaarwordingen in staat zouden zijn de voorstelling van een verschil in gewaarwordingen te kunnen opwekken.

Dit vergelijken nu is volgens ZIEHEN een aangeboren faculteit, geen metaphysische eigenschap des menschen, maar een langzaam aangeleerd vermogen.

Het begrip *grooter*, *kleiner* of *gelijk* leeren wij als kinderen binden aan bepaalde prikkelsterkten. Wij leeren een gewaarwording, die het gevolg is van een sterkeren prikkel, vergeleken bij eene, die het gevolg is van een zwakkeren, als *grooter* betitelen. Zijn de beide gewaarwordingen gelijk, zoo heffen zij zich bij inwerking op de voorstelling »grooter» wederzijdsch (als 't ware door interferentie) op.

Hoe meer onze hersenen in deze richting ontwikkeld zijn, hoe meer gelegenheid we dus gehad hebben met verschillend sterke prikkels kennis te maken en deze te vergelijken, des te meer voorstellingen van »grooter» of »kleiner» zijn er in onze psyche aanwezig — hoe fijner onderscheidingsvermogen we bezitten.

ZIEHEN plaatst zich hierbij op 't standpunt van HERING dat bij groote prikkelverschillen het *absolute* prikkelonderscheid doorslag voor de beoordeeling geeft. Wij hebben immers aan het gewicht van een kilo het denkbeeld »grooter», meer gebonden dan aan het gewicht van 100 gr., zoodat, indien wij een gewicht van 100 gr. in de linker hand nemen en 1000 gr. in de rechter en bij de 100 gr. nog 100 gr. en bij de 1000 gr. nog 1000 gr. voegen, dan zal, trots de gelijkheid van de relatieve gewichtsvermeerdering, toch

ongetwijfeld de indruk gewekt worden, dat de gewichtsvermeerdering rechts veel grooter is dan links. Echter staat daartegenover, dat bij kleine gewaarwordingsverschillen, afhankelijk van prikkels, die niet zoo'n enorm onderscheid aanbieden als 1 kilo en 2 kilo's, dat wij in dit geval trouw, volgens de wet van WEBER, gelijke gewaarwordingvermeerdering noemen, wat overeenkomt met relatief gelijke aangroeiing der prikkels.

Dus eerst bij verschillen van een kleinheid, waarmee de wet van WEBER werkt, is het *relatieve* onderscheid van beteekenis. Het is, zegt ZIEHEN, zeer wel mogelijk, dat, wanneer twee aan intensiteit zeer weinig verschillende prikkels op 't bewustzijn inwerken, in dit laatste de voorstelling van »grooter" dan pas gewekt wordt, wanneer de prikkels zich in bepaalde verhoudingen vermeerderen. Wij kunnen ons indenken, dat een dergelijke aangeleerde eigenschap voor 't organisme doelmatig was.

Om kort te gaan: niet uit hoofde van een immanente eigenschap der gewaarwording zelve, besluit ZIEHEN tot haar grooter of kleiner zijn, maar uit hoofde van een aangeleerde associatie, die de voorstelling van »grooter" of »kleiner" in het leven roept.

't Is duidelijk, dat ook ZIEHEN het ervaringsfeit voor geheel onverklaard laat, waarom nu het bewustzijn de associaties van »kleiner" of »grooter" verbindt aan een bepaalde mathematisch geregelde opvolging der prikkels.

Geen wonder, dat de geheimzinnige apperceptie van WUNDT, vervangen door de niet minder geheimzinnige, doelmatige, mathematisch ontwikkelde asso-

ciaties van »grooter" en »kleiner" geen bevrediging wekken.

Noch FECHNER, wiens psycho-physische beschouwingswijze, die door haar behoefte aan eene »inwendige grenswaarde der psycho-physische beweging" en van »negatieve gewaarwordingen" zich zelf te gronde richt, noch WUNDT, noch ZIEHEN, wiens psychologische beschouwingswijzen, al verschillen zij ook onderling, onbevredigd laten door de invoering van een apperceptie, of van een niet nader bepaalde, doelmatig mathematische ontwikkelde associatie, kunnen dus naar mijn meening, tegenover een physiologische beschouwingswijze front maken.

Geen wonder dat er nog een groote groep tegenstanders is, die elke poging om gewaarwordingen te meten als irrationeel en niet overeenkomstig onze maatbegrippen, verwerpen. Zij doen dit op verschillende gronden, ten deele op physische, ten deele op mathematische, ten deele op philosophische.

§ 23. Opvattingen der Nihilisten.

Onder die tegenstanders zijn er, zooals de mathematicus ZELLER, die a priori ontkennen, dat een psychische meting mogelijk is, wijl haar het hoofdvereischte voor het meten, n.l. een constante, onveranderlijke waarde, die als maatstaf ter vergelijking met andere waarden zou kunnen gebruikt worden, ontbreekt.

§ 24. Mathematici.

Daar zijn er weer anderen, [BOAS ¹⁾, EXNER ²⁾], die het bewustzijn slechts de eigenschap toekennen de

§ 25. Boas en Exner.

1) BOAS, Pflügers Archiv. f. Phys., Bd. 28, S. 566.

2) EXNER in Hermann's Handbuch der Phys., Bd. II 2, S. 243.

qualiteit der dingen te kunnen beoordeelen; alles, wat wij van de prikkels waarnemen is een verschillende uiting der kwaliteit; wij onderscheiden van het licht de verschillende kleuren: rood, blauw enz., van het geluid *c*, *cis*. Differentiëeren wij nu verder hoogrood van lichtrood, een sterke *cis* van een zwakke *cis*, dan is feitelijk deze intensiteitsbeoordeeling niets anders als eene »Abschätzung der qualitativen Verwandtschaft». Zeggen wij van een kleur, dat zij rood is, dan scheiden wij haar ipso dictu van de andere spectraalkleuren; zeggen wij dat zij hoogrood is, dan scheiden wij haar van identieke spectraalkleuren.

Volgens B. en E. nu bestaan er geen intensiteitsveranderingen voor de gewaarwordingen. Daarentegen erkennen zij de mogelijkheid, dat datgene van de gewaarwording wat wij aan de sterkte des prikkels gebonden achten en wat volgens hen een vorm der kwaliteit is, wèl voor meting toegankelijk zou zijn. Daar nu een kwalitatieve uitspraak van het bewustzijn ons alleen leert, dat de eene prikkel niet identisch is aan den andere en de quantitatieve uitspraak niet veel meer is dan de *qualitatieve* en ons dus leert, dat de eene prikkel niet in *sterkte* identisch is aan de andere, zoo zegt MÜNSTERBERG zeer terecht, is het niet recht duidelijk waarom wij, ervaringshalve, de hoedanigheid en de hoegrootheid der gewaarwording zoo scherp gescheiden hebben.

Men kan zich afvragen of die scheiding dan wel primair aanwezig was — wat wel waarschijnlijk is — en dat er bij de qualiteitsbeoordeeling der dingen nog iets secundairs komt, waardoor wij haar tot quantiteitsbeoordeeling stempelen. In ieder geval een vraag-

teeken blijft ook bij deze beschouwingswijze van BOAS en EXNER achter deze functie van 't bewustzijn op zijn plaats.

Een derde groep tegenstanders, als wier woordvoerder wij VON KRIES kunnen beschouwen, vergelijkt het psychische meten met het physische en leidt daaruit de ondeugdelijkheid van het eerste af. Alle physische metingen toch, zegt VON KRIES, bestaan in metingen van ruimte, tijd en massa. Bij deze drie moet de eisch zijn vervuld, dat de gelijkstelling van het niet-identieke — wat feitelijk meten is — een duidelijk begrijpelijken zin hebbe. Nu zijn alle physische grootheden door combinatie van ruimte, tijd en massa gevormd. Willekeurig kan men de eenheid kiezen, die op 't geheel dient te worden uitgezet. Vergelijken wij daarmede de psychische grootheden. Is een reeks gewaarwordingen $E_1 E_2 E_3 \dots E_k E_l$ gegeven, zoo heeft het geen zin te zeggen, dat de veranderingen van E_1 tot E_2 gelijk zijn aan die van E_k tot E_l . Welken maatstaf toch moeten we hier kiezen als eenheid? Moeten we de even merkbare onderscheidsgewaarwording nemen en deze als eenheid langs de veelheid leggen? Of het gewaarwordingsonderscheid, dat ontstaat als de prikkels met een gelijke grootheid toemenen, als eenheid beschouwen? Wij bevinden ons volgens VON KRIES in denzelfden toestand, als wanneer wij een lengtemaat bezaten, waarvan de eenheden onderling ongelijk waren en wij geen anderen constanten maatstaf rijk waren, ten einde die eenheden tot elkaar te reduceeren. Uit dien hoofde vindt VON KRIES een psychischen maatstaf onbruikbaar. WUNDT, die met

§ 26. v. Kries.

§ 27. Wundt
contra van
Kries.

FECHNER wat betreft het gelijkstellen van evenmerkbare gewaarwordingsonderscheiden medegaat, antwoordt aan VON KRIES, dat zijn redeneering, wat betreft de vergelijking met onze fysieke meetmethoden, niet geheel juist is. Zeker, we kunnen geen onderscheidsgewaarwordingseenheid uit een geheel gewaarwordingsonderscheid nemen en naast een andere leggen; doch wij kunnen evenmin een tijddeeltje uit de oneindigheid rukken en aan een grootere spanne tijds aanleggen. En toch meten wij tijdgrootheden. Ja, alle physische meting, die niet zuiver geometrisch is, is tijdmeting. Hoe redden wij dan ons hieruit? Wij meten immers den tijd alleen aan een doorloopen afstand, doch nemen daarbij de praemisse aan, die door onmiddellijke aanschouwing niet kan worden geverifieerd, doch die ons nimmer gebleken is gefaald te hebben, dat de tijdduur van zekere regelmatig wederkeerende natuurverschijnselen — het wentelen der aarde om zijn as — onveranderlijk blijft. Tijddeelen naast elkaar leggen, zich door aanschouwing te overtuigen of ze gelijk zijn of niet, is onmogelijk. Wij kunnen slechts ruimten met elkaar vergelijken, naast elkaar leggen, doorloopen in het *n^{de}* gedeelte van den tijd door den omgang van onveranderlijke natuurverschijnselen gekenmerkt. Nu meten wij in 't bewustzijnsleven niet twee gewaarwordingen, maar twee onderscheidsgewaarwordingen. Nemen wij nu het evenmerkbare onderscheid in gewaarwording tusschen deze twee als eenheid, dan kunnen we volgens deze maat het ruim merkbare onderscheid in trappen van evenmerkbare onderscheidsgewaarwordingen verdeelen. Het is niets anders als een ruimte- of tijddeel verge-

lijken met andere ruimte- of tijddeelen. Wij zouden, indien wij b. v. de gewaarwording opgewekt door prikkel a wilden vergelijken met eene, geboren uit prikkel f , stuk voor stuk de evenmerkbare onderscheidsgewaarwordingen van a tot b , van b tot c , van c tot d , van d tot e , van e tot f kunnen opnemen; een van deze onderscheidsgewaarwordingen werd dan als eenheid genomen en op het totaal gewaarwordingsonderscheid tusschen prikkel a en prikkel f uitgezet. Gewaarwordingsonderscheid a tot f ware dan 5 maal het evenmerkbare gewaarwordingsonderscheid a tot b .

Men ziet, WUNDT volgt hier inderdaad den gedachten-gang van FECHNER met de bekende restrictie, die boven bij bespreking zijner theorie, vermeld werd.

VON KRIES echter zou zich moeilijk met deze uiteenzetting kunnen vereenigen; immers hij zou tegenwerpen, dat de onderscheidsgewaarwording a tot b met even weinig recht gelijk kan gesteld worden dan de onderscheidsgewaarwording tusschen b en c als een klank kan gelijk gesteld worden aan een licht.

Het is bijgevolg even ongerijmd den gewaarwordingsovergang a tot b als een onderdeel van den gewaarwordingsovergang a tot f te beschouwen.

Zeër terecht, zegt daarom MÜNSTERBERG, bij vermelding van deze wisseling van denkbeelden: »Wenn aber VON KRIES die Unvergleichbarkeit des Empfindungsunterschieds behauptet, weil die unmittelbare Selbsterfahrung ihn lehrt, dass die stärkeren Empfindungen nicht aus einer Mehrzahl von Schwächeren Empfindungen zusammengefügt sind, der einheitliche Masstab also den Empfindungen als solchen abgeht,

und wenn WUNDT ebenso auf Grund der Selbstwahrnehmung daran festhält, dass eine Gleichsetzung zweier Empfindungsunterschiede ¹⁾ zweifellos berechtigt ist, so ist von vornherein waarschijnlijk, dass die beiden Aussagen sich nicht auf dasselbe beziehen, der Mastab kann den Empfindungen selbst fehlen und denoch in einem anderen Faktor gegeben sein.

§ 28. Münsterberg's oplossing.

Alvorens te trachten een oplossing in deze kwestie te geven wijst MÜNSTERBERG er op, dat zelfs onze physische metingen een psycho-logische zijde hebben en die ook niet kunnen ontberen. Stel dat al onze physische meetwerktuigen ons plotseling in den steek lieten, zoodat wij de lengtemaat moesten missen om ruimten te meten, de klok om verschillende tijden te vergelijken, ons gewicht om de verhoudingen der massa's te kennen, zou dan de mensch hulpeloos staan tegenover de dingen buiten hem, en nimmer hunne numerieke verhoudingen kunnen nasporen? Neen, zegt MÜNSTERBERG, want, al ware ons in dit geval de objectieve methodieke meting onmogelijk; bij ons zelven schulde nog een faculteit, die de hoegrootheid der dingen kan beoordeelen. Al kan de physicus voor de exacte tijdmeting de klok niet ontberen, toch zou hij, zoo een klok plotseling een periodiek slaginterval van $\frac{1}{2}$ seconde verwisselde met een van drie seconden, zelfs al liepen de wijzers tot zesmaal zoo langzaam, niet twijfelen of de klok liep verkeerd; wij bezitten n.l. buiten onze objectieve tijdmeting om, nog een

1) Dit is onjuist, WUNDT spreekt van even merkbare Empfindungsunterschied, d. i. onderscheidsgewaarwording.

subjectief tijdgevoel, en dat, zonder dat wij de eene seconde uit 't oneindig tijdsverloop kunnen nemen en naast een andere tijdmaat leggen. Hetzelfde geldt nu ook voor de lengtematen: als onze oogen ons zeggen, dat twee afstanden ongelijk zijn en optisch bedrog is buitengesloten, zoo zouden wij eerder gelooven, dat de objectieve maatstaf ons in den steek liet, dan dat wij de twee afstanden voor gelijk verklaarden. Ook bij de gewichten is de weegschaal een noodzakelijk verfijningsmiddel der gewichtswaarde, maar dient slechts tot aanvulling der subjectieve weegschaal, die onze psyche is.

Op de ons gegeven mogelijkheid om ruimtematen met elkaar, tijddeelen met elkaar en gewichten met elkaar door onmiddellijke subjectieve schatting kunnen vergelijken, berust de basis van onze geheele fysieke meting. Zonder deze subjectieve eigenschap zouden alle objectieve meetinstrumenten voor ons even ijdel zijn als een microscoop voor iemand zonder oog, (MÜNSTERBERG).

En hoe geschiedt nu die vergelijking van deze grootheden? Wij nemen een indruk van maat, tijd en gewicht in ons op; deze oogenblikkelijke indruk wordt vergeleken met de herinnering aan den nabijvenden indruk van een voorafgaande dergelijke opname. Maar geven wij ons rekenschap van wat we eigenlijk doen wanneer we b.v. afstanden onderling vergelijken. Wij laten onze oogen weiden langs de beide te meten lijnen. Dit echter geeft alleen den indruk van gelijk- of ongelijkheid. Om de hoeveelheid der ongelijkheid te kennen, verdeelen wij deze lijnen in gelijke stukken, nemen van deze herinneringsbeelden op, die wij

§ 29. Rol
der spierzin.

achtereenvolgens op elk der twee te vergelijken stukken uitzetten. Wij vergelijken dus de te meten afstanden t. o. van bepaalde gewaarwordingen, die in beiden identiek aanwezig zijn. Dat die gewaarwording een spiergevoelgewaarwording is, is duidelijk. *De spierzin is het orgaan door hetwelk wij in staat gesteld worden deze uitspraken te doen.*

Het is hier de plaats niet om op de rol, die de spierzin in onze relaties met de buitenwereld speelt, nader in te gaan, noch ons in beschouwingen te verdiepen, uit welke elementen de gegevens zijn opgebouwd welke de z.g. spierzin aan het bewustzijn verschaft, noch welke plaats daarbij de gewrichten, de pezen, de banden en de fasciën vervullen. GOLDSCHIEDER heeft daaromtrent zeer uitvoerige onderzoekingen gedaan ¹⁾. Alleen zij hier opgemerkt, dat wij van de spierverkorting, die de verschillende oogspiergroepen ondergaan, als wij een bepaald deel van het gezichtsveld willen doorzoeken, van de verschillende ledemaatspielen als wij tastenderwijze zeker gedeelte van de ruimte hebben omvadend, van de romp en halsspieren, als wij de herkomst van een geluid willen bepalen, eindelijk ook van de achterhoofd-, schouder-, halsspieren, als wij een tijdmeting willen doen ²⁾ — genoeg zij hier opgemerkt, dat wij van al deze spierwerktuigen, zij mogen in hun algemeensten zin als spanningen betiteld worden, zoowel een reële als een herinneringsvoorstelling bij ons dragen. De eenige psychologische basis voor onze fysieke metingen, zegt M., zijn

¹⁾ Zie DUBOIS REYMOND, Arch. f. Phys. 1889, S. 369 Suppl. S. 141.

²⁾ Zie hierover MÜNSTERBERG Beitr. zur Exp. Psych. Heft II.

daarom *onze spiergevoelens, in zooverre als al ons meten op meten van ruimte, tijd en massa berust.*

Welnu, evenals de psyche zich van het spierzintuig bedient, als zij *ruimte, tijd en gewichtsbepaling* aan haar kwalitatieven indruk wil toevoegen; zoo bedient zij zich ook van dit zintuig, als zij *in intensiteit verschillende prikkels* wil beoordeelen.

Beide uitspraken van 't bewustzijn zijn gebaseerd op de waarneming van spiercontracties. Zonder de eerste mogelijkheid zou het bewustzijn nimmer kennis dragen van de plaats, die de prikkels in de ruimte innamen, het zou zich niet kunnen oriënteren. Zonder de tweede zou zij geen begrip hebben van het sterkteverschil waarmede prikkels ons treffen; de wereld om ons heen zoude een bron van een ontzaglijk aantal prikkels zijn, waartusschen we geen andere als qualiteitsverschillen bespeurden. Mag echter redelijkerwijze aangenomen worden, dat het orgaan der spierzin zoo intiem aan onze psycho-physische organisatie is vastgeschakeld, zoodat hare uitspraken tot maatstaf voor alle gewaarwordingsvergelijking in sterkteverschillen gelden kunnen?

Het *biologisch* moment, nu, dat hierbij volgens MÜNSTERBERG in het spel komt luidt: dat een sensibele prikkeling dan pas voor het organisme voordeel kan hebben, indien een motorische reactie daarvan het gevolg is. De innige band tusschen het centrifugale en centripetale systeem daarvoor vereischt, bevestigt zich blijvend in elk organisme. Bij kwalitatieve opname speelt deze motorische reactie reeds een rol, wanneer 't geldt het zintuig in een gunstige receptieve houding

§ 30. Probabiliteit der hypothese v. Münsterberg.

te brengen of de plaats van herkomst des prikkels te bepalen, waarom zou zij ook geen rol spelen wanneer bedoeld wordt 't organisme met verschillende prikkelsterkten in kennis te stellen. Doch deze hypothese voert nog een *psycho-physisch* moment met zich, dat tegelijkertijd een van psychologische zijde opkomend bezwaar uit den weg ruimt.

Immers al droeg het bewustzijn kennis van de verschillende spierspanningen, reflectorisch ontstaande na verschillende intense prikkels, wie zegt dan, dat diensengevolge aan het bewustzijn gegevens verschaft worden, die het tot *numerieke* uitspraken kan nopen? Zijn het niet eveneens gewone kwalitatieve oordeelvellingen, waartoe de uitingen van spierzintuigen ons brengen zouden, uitspraken, waartusschen geen ander verband bestaat, als dat zij niet identiek zijn. Aldus zou geen der tegenstanders van de qualiteitsbeoordeeling door de hypothese van M. bevreemdigd zijn.

§ 31. Beredeneering der hypothese.

Hierop antwoordt MÜNSTERBERG dat de gegevens die het spierzintuig aan 't bewustzijn levert *per se* aan de eischen voldoen, die VON KRIES e. a. aan een quantitatieven gewaarwordingsmaatstaf stellen, n.l. dat de zwakkere in de sterkere gewaarwording begrepen is, dat hoewel beiden natuurlijk *qualitatief* hetzelfde zijn, zij toch tevens elementen in zich hebben die een numerieke vergelijking toelaten.

Immers als de spierspanning *a* overgaat in *b* en vandaar in spanning *c*, is de spanningsgewaarwording van *a* tot *c* niet kwalitatief verschillend van die van *a* tot *b*, dus geen nieuw bewustzijnsgegeven, neen,

zij duurt alleen tijdelijk langer, *ab* is in *ac* als een tijdelijk kleiner deel begrepen.

Geen ander zintuig kan dit verwezenlijken. Op ieder gebied gaat het veranderen van den prikkel gepaard met een verandering in bewustzijnstoestand, die met de vorige onvergelykbaar is. Alleen de spierzin verschaft aan 't bewustzijn gegevens, die in qualiteit gelijk blijven, doch in tijdelijken duur verschillen, en aldus t. o. hiervan vergelykbaar zijn.

Daarom is ook de spiergewaarwording grondslag van al ons physische meten, gelijk hierboven betoogd werd.

Daarom zetten wij een door een ooguitslag verkregen afstandsindruk uit op een anderen te meten afstand en zeggen, dat de eene afstand grooter is dan de andere, gevoelende, dat de spierbeweging in het eene geval langer duurt dan in het andere. De bewegingsgewaarwording is, als mijn arm twee decimeter tastenderwijze doorloopt, geen andere als wanneer hij zich maar één decimeter voortbeweegt; alleen is de bewegingsduur in het eerste geval tweemaal langer. De tweede gewaarwording is dus feitelijk tweemaal in de eerste begrepen. Dit nu, toegepast op de spanningsverschillen, die maatstaf zouden zijn voor de intensiteitsmetingen voor het bewustzijnsleven, komt men tot het besluit, dat het theoretisch verre van ongerijmd is te zeggen, dat het eene gewaarwordingsonderscheid grooter, kleiner, of gelijk het andere is.

Vergelijken wij toch twee prikkelparen in verschillende deelen der prikkelschaal, dan speelt het volgend proces zich in ons gewaarwordingsleven af. Indien de aangeschakelde spiergroep om van den eenen spanningstoestand, opgewekt door den eersten prikkel, te

komen in den spanningstoestand, die aan den tweeden beantwoordt, een langeren tijd noodig heeft dan om van den spanningstoestand in welken hem de derde prikkel gebracht heeft, over te gaan in dien welke de vierde teweeg brengt: zoo krijgen wij een bewegings-gewaarwording, die wij terugwerpen op de intensiteits-verschillen des prikkels en verklaren dat het gewaarwordingsonderscheid tusschen het eerste prikkelpaar grooter is dan tusschen het tweede. Zijn de spannings-verschillen der twee prikkelparen gelijk, en gevolgelijk daaraan ook de spierbeweginggevoelens, dan worden ook de gewaarwordingsverschillen tusschen de prikkels als twee gelijke beschouwd.

HOOFDSTUK IV.

Beteekenis der hypothese van Münsterberg.

Verre zij van mij in een kritiek van de hypothese van MÜNSTERBERG te willen treden: Het voorgaande strekt alleen om uit te doen komen, hoe inderdaad deze hypothese een aanlokkelijke oplossing zou geven van de vele moeielijkheden die de intensiteitsbeoordeling door het bewustzijn doet oprijzen. De hypothese toch voert een element in 't bewustzijnsleven, waarvan het wel zonder tegenspraak zal zijn, dat het voor een numerieke vergelijking toegankelijke gegevens aan het bewustzijn verschaft.

§ 32. Münsterberg's hypothese tegenover de andere hypothesen.

Hoe het ingewikkeld verband ook moge zijn tusschen de psyche en dit aangeschakeld zintuig, of het *passief* reflectorisch door iedere intensiteitsverandering van den invallenden prikkel in beweging gebracht wordt, of dat het bewustzijn dit orgaan *willekeurig* aan iedere prikkelwaarneming buiten het lichaam kan koppelen; of het breede spieruitslagen, dan wel even merkbare veranderingen in tonus zijn, waaruit het bewustzijn zijn gegevens put — ziedaar allen vragen, waarop zonder eenen voorafgaanden experimenteelen arbeid geen antwoord te geven is.

Niemand echter zal het tegenspreken, dat het ingevoerde element in staat zou zijn het bewustzijn omtrent de numerieke verhoudingen der dingen in te lichten.

Doch er is meer.

Even wil ik er nog op wijzen, hoe deze hypothese inderdaad bijdraagt om de vele tegenstrijdige theorieën, die ter verklaring van de door de psycho-physica opgeworpen feiten, zijn opgesteld, te verzoenen.

Immers, het maakt den indruk wanneer men den onderlingen strijd gadeslaat, die de verschillende onderzoekers voeren, alsof zij theoretisch elkaar bestrijden over dingen, die de praktijk hen toont, dat voldongen feiten zijn. Practisch beoordeelen wij, soms met verbazende fijngevoeligheid de intensiteitsverhoudingen der dingen en theoretisch ontkennen wij de mogelijkheid eener zoodanige meting. Is het niet alsof er nog een onbekende factor in het spel is, die bij elke theoretische beschouwing verwaarloosd wordt, wiens bestaan elders als in de psyche zelve moet gezocht worden?

De leemten die in de verschillende psycho-physische systemen aanwezig zijn, worden op bevredigende wijze door deze hypothese van MÜNSTERBERG aangevuld. Begrijpelijk zoude het thans zijn, hoe FECHNER de door het bewustzijn als gelijk aangeduide verschillen in gewaarwording ook inderdaad als gelijke gewaarwordingsonderscheiden zou mogen beschouwen; immers het bewustzijn besluit niet tot hunne onderlinge gelijkheid dan uithoofde van de waarneming van onderling gelijke spierspanningsverschillen; begrijpelijk, waarom hij meent gewaarwordingen op elkaar te mogen deelen

en met elkander vergelijken: immers het spierzintuig levert gegevens, die een dergelijke behandeling toelaten. Ja ten slotte zou FECHNER's geheele, op zulk een scherpzinnige wijze afgeleide maatverhouding van prikkel tot gewaarwording dááaraan getoetst kunnen worden, of inderdaad ook het spierzintuig een dergelijke verhouding tusschen impuls en effect kent.

Alleen zou FECHNER zich bedrogen zien in zijn opvatting omtrent de onderlinge inwerking van 't physisch op 't somatisch element, immers de logarithmische afhankelijkheidsverhouding *moet* bij deze hypothese noodzakelijkerwijze reeds ontstaan, waar de uitwendige prikkel het lichaam treft en kan onmogelijk uit de wederkeerige inwerking van Psyche en opgewekte zenuwbeweging haar aanzijn danken.

Wat WUNDT nu betreft, ook hem zou een op aannemelijken grond steunende maatbepaling voor zijn apperceptie-orgaan geen te versmaden bondgenootte zijn.

ZIEHEN verder, die de wet van WEBER als een associatie-wet kenschetst en van een numerieke omschrijving der prikkelsterkte slechts in zooverre wil hooren, als aan de waarneming van een grooteren prikkel associatief het begrip van sterkte is verbonden, zou zeer zeker gebaat zijn met de aanvullende hypothese van MÜNSTERBERG.

Immers de vraag zou dan opgelost blijken, die de beschouwingswijze van ZIEHEN onvermijdelijk open moet laten, waarom de verschillende intensiteits-associaties in zulk een eigenaardige mathematische verhouding plaats grijpen, ten minste voor kleine prikkelverschillen.

Degenen, ten slotte, die om min of meer aprioristische

redenen een maatbepaling van de zijde van het bewustzijn ten eenemale verwerpen, als onvereinigbaar met ons begrip van psyche, zouden eenigzins bevredigd kunnen worden, daar de meting aan een specifiek zintuig, hiertoe buiten twijfel bevoegd, wordt toe- vertrouwd.

§ 33. Physio-
logische zijde
der hypo-
these.

De grootste aantrekkelijkheid, die echter in mijn oogen de hypothese van MÜNSTERBERG heeft, is, dat zij het intensiteitsproces zoo geheel op physiologisch terrein over brengt. Zij ontlast als 't ware de psyche weer van een der vele haar toegeschreven geheimzinnige inwerkingen, die voor objectieve toetsing met onze physische hulpmiddelen ten eenen male ontoegankelijk zijn. Zij opent weer een nieuwen weg, waarop de experimenteele onderzoeker zich bewegen kan, om het zoo duistere gebied der psychische processen binnen te dringen en misschien tot eenvoudige physiologische verhoudingen terug te voeren.

Nu zou inderdaad de hypothese van MÜNSTERBERG eenvoudig getoetst kunnen worden, door de vraag op physiologisch terrein over te brengen en aan het gewone zenuwspierapparaat na te gaan hoe prikkel en effect, i.e. contractie, zich t.o. van elkaar verhielden.

De moeilijkheid is echter, hoe het effect van den prikkel in de spier teweeggebracht, te meten? Voor- eerst door den gedanen arbeid. Daar deze natuurlijk gelijk is aan het product van hefhoogte en belasting, zoo kan hij, bij gelijk blijvende belasting, gelijk gesteld worden aan de hefhoogte en bij gelijk blijvende hef- hoogte, aan de belasting.

In de uitkomsten der eerste methode heerscht echter onder de physiologen geen eenstemmigheid. Waar FICK in de meeste gevallen en bij sommige spieren een rechte evenredigheid vond tusschen de spieruitlagen en de sterkten der prikkels, en zijne op een abscis als ordinaten uitgezette heffingen een opstijgende rechte lijn vormden, vonden anderen, dat de hefhoogten bij sterkere prikkels langzamer stegen dan bij zwakkere. Aldus vond WALLER ¹⁾ voor effectcurve der spieruitlagen een lijn, die op een log. kromme geleek, terwijl de negatieve schommeling van den zenuwstroom aan de zenuw gemeten bleek een rechte lijn te vormen. Proportionaliteit aldus tusschen den prikkel en den stroom in de leidende zenuw, logaritmische afhankelijkheid tusschen prikkelsterkte en spiercontracties. WELDON ²⁾ vond een »S-shaped" curve voor de spieruitlagen. Weer anderen vonden een proportionaliteit (GRÜNHAGEN en SAMKOWSKY, Chauveau ³⁾), waar zij de onuitgesneden spieren onderzochten.

De vraag zal altijd van physiologisch standpunt blijven: is de gedane arbeid *onmiddelijk* afhankelijk van den prikkel zelve of van de door den prikkel in de spier vrij gekomen *spankrachten*. In 't laatste geval dient eerst opgespoord, hoe deze laatsten zich tot den prikkel verhouden.

De tweede weg n.l. het door den prikkel teweeg gebrachte effect af te meten, bij gelijk blijvende hoogte, aan de grootheid der belasting, heeft PREYER ⁴⁾ aan-

§34. Verband
tusschen
prikkel en
spiercontrac-
tie Fick, Wal-
ler, enz.

§35. Preyer's
Myophy-
sische wet.

1) Points relating to the WEBER-FECHNER law Brain vol. XVIII p. 200 en vlg.

2) Aangehaald bij WALLER l.c.

3) Aangehaald in E. G. E. MÜLLER, Grundlegung der Psychophysik p. 303.

4) PREYER, Myophysische Untersuchungen, Pflüger's Archiv. Bd. V, VI, VII en VIII. Ibid. Luchsinger en Bernstein.

leiding gegeven tot het opstellen de z.g. myophysische wet, een wet die intertijd heel wat beweging heeft gemaakt in het physiologische kamp. Te ontkennen valt echter niet dat, zoo het principieel door PREYER gevonden, bij anders ingerichte proefnemingen mocht blijken waar te zijn, de theorie van MÜNSTERBERG een grooten steun zou krijgen.

PREYER dan, steunend voor het grootste gedeelte op proeftabellen, hem door VOLKMANN nagelaten, trachtte door prikkeling met den inductiestroom van de losgepraepareerde kikkerspier dezelfde verhouding tusschen de sterkte des prikkels, die op de spier geapliceerd werd en den spierarbeid, als antwoord op die prikkeling, vast te stellen, als FECHNER gedaan had voor zintuigprikkel en gewaarwording. PREYER meende een analogie tusschen de prikkeling van een spier en van een zintuig aan te mogen nemen. Bij beiden toch zag hij het verschijnsel, dat de prikkel een zekere grenswaarde moest overschrijden alvorens effect te geven, verder, dat bij zekere prikkelsterkte het effect op zijn hoogst kwam, zoodat verdere prikkelvermeerdering zonder resultaat bleef. Hij giste de mogelijkheid dat een logarithmische verhouding tusschen beiden zou kunnen bestaan.

PREYER nu bepaalde den verrichten spierarbeid op eene wijze, die niet zonder tegenspraak gebleven is. De tabellen, die VOLKMANN aan PREYER naliet, bevatten een onderzoek van den eersten, waarin de vraag werd beantwoord: wanneer een opgehangen spier door een inductiestroom wordt geprikkeld, hoe groot dient de belasting te zijn, die aan de spier moet gehangen worden, ten einde te beletten, dat zij als antwoord

op verschillende prikkels zich binnen haar natuurlijke lengte zou verkorten. 't Is natuurlijk dat iedere prikkel een eigen grootte van verkorting in het leven riep en ook een eigen belasting eischte ten einde die verkorting tegen te gaan.

In die gewichtswaarde p , nu, die de verkorting belemmerde, zag PREYER een uitdrukking voor dat prikkelquantum, dat in de spier tot werking komt en de samentrekking veroorzaakt. Deze gewichtswaarde p stelt hij gelijk aan datgene wat van den electrischen prikkel als somatische impuls in de spier tot uiting komt. Is nu dat prikkelquantum $= q$ of, uitgedrukt in de prikkelgrenswaarde $s = \frac{q}{s}$ dan is volgens PREYER

$$\frac{q}{s} = p.$$

m. a. w. het werkzame prikkelquantum en het gewicht, dat effect moet belemmeren, zijn gelijk.

Bepaalt men nu de hefhoogte van de onbelaste spier voor elke prikkelintensiteit, en noemen we deze $= h$ of herleid op de oorspronkelijke lengte $l = \frac{h}{l}$, dan heerscht er volgens PREYER een bepaalde verhouding tusschen het werkzame deel der geheele prikkelsterkte $\frac{q}{s}$ en de contractiegrootheid $\frac{h}{l}$ of wat hetzelfde is tusschen $\frac{q}{s}$ en de grootte van het gewicht p .

Deze verhouding is een logarithmische, zoodat PREYER's myophysische wet, anoloog aan FECHNER's psychophysische luidt, dat de verhouding van de contractiesterkte der spier en den logarithmus van den prikkel, vertegenwoordigd in het gewicht dat den prikkel belet effect te doen resorteeren, een constante is of

$$\frac{h}{l \log. p} = k \text{ constante}$$

waaruit volgt $\frac{h}{l} = k \log. p.$

de constante k is afhankelijk van het logar. systeem, en van de eenheid waarin de hefhoogte en de prikkelsterkte worden uitgedrukt.

Inderdaad vindt PREYER dan ook, de tabellen van VOLKMANN omrekenende een vrij constante verhouding tusschen $\log. p$ en de verkorting der samentrekkende spier $\frac{h}{l}$.

Daaruit volgt dan, dat, waar FECHNER aanneemt, dat het gewaarwordingsonderscheid gelijk blijft, als het relatieve prikkelverschil hetzelfde is, PREYER mag aannemen, dat het hefhoogte-verschil der spier zich gelijk blijft als het relatieve verschil tusschen de prikkelgrootten hetzelfde blijft.

Nu zijn er tegen PREYER's redeneering door mannen als BERNSTEIN en LUCHSINGER ¹⁾ verschillende tegenwerpingen gemaakt. Daargelaten de mathematische fouten, die PREYER's betoog aankleefden, betwistten zij de wijze waarop PREYER de prikkelsterkte mat aan het gewicht dat de prikkel moest beletten, zichtbaar effect te doen resorteeren. Het gewicht p toch is onmiddellijk afhankelijk niet van den prikkel, doch van de door den prikkel vrijgekomen spankrachten in de spier. Hoe de verhouding nu van den prikkel tot die vrij gemaakte spankrachten is, is ons feitelijk onbekend. Zoo wij ons de spier gecontraheerd denken, terwijl zij haar natuur-

¹⁾ In PFLÜGERS Arch. VI en VII vindt men de hoogst interessante discussie tusschen PREYER en zijn tegenstanders.

lijke lengte behoudt en het gewicht p draagt, dan ver-richt de spier in dien toestand geen mechanischen arbeid, doch er worden in haar spankrachten vrijge-maakt, die de belasting p juist in evenwicht houden en die door de warmte-ontwikkeling in de spier kunnen gemeten worden. Het gewicht is dus wel een maat voor de in de spier vrijkomende spankrachten, maar het is niet geoorloofd het in verband te brengen met de grootte van den prikkel, die de spankracht vrij maakt.

Verder wordt als bezwaar tegen PREYER's proeven ingebracht, dat hij werkte met een afstervend zich los van 't overige lichaamsgewicht bevindend praeparaat, waar verschillende factoren o.a. de centripetale antago-nistenremming ontbrak. Een zoo zuivere vitalistische wet aan een dergelijk proefobject te onderzoeken, moest het resultaat twijfelachtig maken. En toch werd van andere zijde bewezen, dat PREYER, trots zijn proef-en herleidingsfouten, in zijn gissing, dat er een logarith-mische verhouding tusschen zenuwprikkeling en motor-effect bestond, niet zoo geheel mis gezien had.

Immers toen HOLMGREN, ENGELMAN en GRYNS, KÜHNE, STEINER e. a. in de afwijking van den eigen zenuw-stroom een maatstaf hadden gevonden tot meting van zenuwbeweging in een receptief orgaan opgewekt, wan-neer dit door een physiologischen, adaequaten prikkel getroffen wordt, constateerden al heel spoedig DEWAR en MAC KENDRICK en onlangs nog WALLER, dat inder-daad tusschen den retina-stroom van het door een lichtprikkel getroffen oog en den lichtprikkel zelve een verhouding bestond, die aan die van logarithmus

§ 36. Directe
meting van
den zenuw-
stroom

tot getal deed denken. WALLER breidde deze onderzoekingen nog uit en vond dat, zoo hij het spierzenuwpraeparaat prikkelde met een el. stroom en de stroomsterkten in de zenuw, zoowel als de hefhoogten van de spier op een ordinaat uitzette, hij voor de eerste een rechte lijn voor de laatste een langzaam opstijgende en daarna bijna parallel loopende curve verkreeg.

Indien de physioloog dus het recht heeft uit de hoegrootheid der negatieve stroomafwijking tot de hoegrootheid der in de zenuw opgewekte moleculair-beweging te besluiten, is hier een belangrijke eigenschap der levende materie tegenover de haar treffende prikkels aan het licht gekomen.

Dit is van groot belang. Ons zou dit echter niet geheel kunnen bevredigen. Immers, ware inderdaad (gelijk het voor de afgeleide negatieve schommeling van den zenuwstroom bij retinaprikkeling zeer waarschijnlijk is) ook voor de spiersamentrekking bij prikkeling van uit de zenuw, de wet van WEBER, of een myophysische wet in den zin van PREYER geldig, dan zou er toch, wilde de hypothese van MÜNSTERBERG een vasten bodem erlangen, nog meer noodig zijn. Het is toch zeer denkbaar, dat de spier op electriche zenuwprikkeling antwoordt met samentrekkingen, wier grootten rechtstreeks evenredig zijn met de sterkte der prikkels, en dat toch de centripetaal aangebrachte prikkel een spiergroep in werking brengt, met een effect, waarvan de sterkte in geheel andere verhouding tot de prikkelgrootte staat.

Geenszins zou dus de hypothese van MÜNSTERBERG vallen met de aangetoonde onjuistheid der myophy-

sische wet van PREYER of met een bevestiging der door FICK gevonden rechte evenredigheid tusschen prikkel en spiersamentrekking. Om deze hypothese toe te lichten is o. i. een geheel andere gedachtengang noodzakelijk, als die welke PREYER te zijner tijd tot zijn onderzoek noopte.

Die gedachtengang eischt als object van onderzoek niet een spier-zenuw-apparaat of een eenvoudige spier, maar een sensu-motorische inrichting, een organisch ongeschonden geheel, bestaande uit een groep doelmatig samenwerkende spieren, die allen door één impuls in werking kunnen gesteld worden m. a. w. een reflex-apparaat.

§ 37. Noodzakelijkheid van het reflexapparaat.

Hoe toch moet men zich denken, de rol die voor MÜNSTERBERG'S hypothese, het z. g. sensu-motorisch reflex-apparaat vervult. Het komt mij voor dat dit het best op de volgende wijze geschiedt.

Er wordt aan het zintuig een serie prikkels aangeboden van verschillende sterkte: het specifieke centripetale element wordt chemisch, kinetisch, of op wat voor wijze ook in een anderen toestand gebracht; deze verandering van toestand wordt langs centripetalen weg naar het bewustzijn gevoerd. De prikkel is nu door 't sensorium waargenomen en heeft ipso facto zijn plaats in de qualiteitenreeks. Doch er is aan dit zintuig een groep spieren geschakeld, die er in functioneelen samenhang mede staat doordat zij met hun contracties het toekeeren of afwenden van het zintuig t. o. van den prikkel regelen.

Die spieren dienen in 't algemeen de receptiviteit van het orgaan voor den prikkel te verhoogen of een

localisatie-bepaling door het sensorium mogelijk te maken. Doch ook verleenen zij hun hulp om de gewaarwording omtrent de intensiteitsverhoudingen des prikkels in kennis te stellen. Zij doen dit door reflectorisch opgewekte spanningen, waarvan de sterkte in verhouding staat tot de sterkte des prikkels. Van deze spanningen, gelijk van alle spierspanningen kent het bewustzijn de grootte en kan de grootte onderling vergelijken, omdat er van hen kan gezegd worden dat een kleinere in een grootere kan begrepen zijn. Zijn zij inderdaad getrouwe vertolksters der intensiteiten der prikkels, dan bezit het bewustzijn als 't ware de schaal, op welke het kan aflezen.

Een goede vergelijking van twee prikkels kan dus niet tot stand komen, tenzij we gedurende een betrekkelijk geruimen tijd de inwerking der prikkels laten duren; immers een heldere indruk van den prikkel is wenschelijk. Laat men beurtelings den eenen prikkel na den anderen en vice versa op ons sensorium inwerken, dan zal het bewustzijn ingeval het, zooals MÜNSTERBERG wil, beschikt over de gewaarwording der contracties van een spiergroep, welke op die prikkels reageert met een continu effect, volgens dit effect de verschillende intensiteitsgraden van de prikkels beoordeelen en dit oordeel wijzigt steeds met iederen nieuwen prikkel.

Uit deze beschouwing volgt ten duidelijkste, dat een sensumotorisch reflex-apparaat, en dit alleen, ons kan leeren of de mogelijkheid inderdaad bestaat, dat het bewustzijn uit de verschillenden loop der spiercontracties de sterkte der prikkels kan beoordeelen: Immers het reflex-apparaat reageert op sensibele prikkels en

wel op *continu aanhoudende* sensibele prikkels me. een continu aanhoudende spierbeweging.

Het heeft ook de faculteit op velerhande wijzen de intensiteitsverschillen der prikkels in contracties te vertolken.

Het geheele vraagstuk der intensiteits-beoordeeling door het bewustzijn, kan dus getoetst worden aan de vraag: hoe verhoudt het reflex-apparaat zich tot de numeriek verschillende prikkels die hetzelfde treffen.

§ 38. Ver-
eischten voor
de hypothese.

Al de attributen der intensiteits-gewaarwording, die de wetten van WEBER en FECHNER hebben doen kennen, zullen dus aan het reflexapparaat gecontroleerd moeten worden.

Indien het bewustzijn een prikkelgrenswaarde heeft, zal het de vraag zijn, of ook het reflex-apparaat die kent.

Indien het bewustzijn een onderscheidsgrenswaarde bezit, hebben wij te vragen of een zoodanige ook aan het reflex-apparaat is toe te schrijven.

Indien de onderscheidsgewoeligheid voor twee gelijke objectieve prikkelverschillen in de hoogere gedeelten der rekenkunstig stijgende prikkelscala kleiner is dan in de lagere gedeelten, moet men alweer bij het reflexapparaat het feit bewaarheid vinden, dat het verschil der effecten van zulk een sterker prikkelpaar kleiner is dan dat van een zwakker.

Indien prikkelsterkten met *relatief* gelijke trappen opklimmend, beantwoorden aan gewaarwordingsintensiteiten, vermeerderend in *absoluut* gelijke verschillen, zou men wederom bij het reflexapparaat moeten terug vinden, dat prikkels, wier sterkte in gelijke verhouding omhoog gaat, gevolgd worden, door contracties, met absoluut gelijke verschillen in stijgend.

HOOFDSTUK V.

Proefondervindelijke toetsing der hypothese.

Heeft men het recht om de bedoelde hypothese van MÜNSTERBERG aan een sensumotorisch reflexapparaat te bestudeeren, dan behoeven wij een apparaat van vrij constante samenstelling, van genoegzame bekendheid, en dat gemakkelijk te verkrijgen is.

Het is duidelijk dat ik mij tot 't reflexapparaat van den kikvorsch gewend heb.

§ 39. Beschouwing over wat geregistreerd wordt.

Vooraf echter eenige woorden, die strekken om de inrichting onzer proeven te motiveeren.

Terwijl bij zoogdieren de reflexbaan van hoog ge-coördineerde bewegingen pas haar afsluiting vindt, zoo het verlengde merg bewaard blijft, is bij rana het ruggemerg zelve het uitgangspunt van zeer gecompliceerde bewegingscombinaties. Het bewaard blijven der medulla en van hooger hersengedeelten werkt veeleer remmend op de door den prikkel uitgelokte beweging, zooals reeds de oude proeven van SETSCHENOW leerden ¹⁾. Worden deze deelen echter door een

¹⁾ Vergelijk hierover: STEINER, Unters. über die Phys. des Froschhirnes Goltz Beiträge zur Lehre v. d. Functionen der Nervencentren des Frosches. p. 68 en vgl.

SETSCHENOW, Physiol. Stud. über die Hemmungsmechanismen enz. 1863.

SETSCHENOW, Neue versuchen am Hirn und Rückenmark 1865.

snede, die loopt boven de uittredingsplaats van het IV^{de} wortelpaar, van het overige ruggemerg gescheiden, dan bevat het overgeblevene gedeelte alle centra, waardoor een doelmatige beweging van het dier, om aan een het treffende noxe te ontkomen, kan plaats hebben. De hoog-gecoördineerde bewegingen, die men bij 't op deze wijze vervaardigde reflexapparaat ziet, hebben n.l. het karakter van *vluchtbewegingen*.

Het middel hiertoe is in de eerste plaats de sprong; wordt deze verhinderd, of blijft de noxe langer inwerken, dan ontstaan zeer gecompliceerde afweer- en afwischbewegingen. Met de twee laatsten hebben wij echter niet te maken, evenmin als met de eigenlijke sprongbeweging zelve, die hoofdzakelijk uit een geforceerde strekbeweging bestaat.

De phase van het door onzen prikkel opgewekte bewegingscomplex, die ik bestudeer, en waaruit mijn conclusies zullen worden getrokken, is de *voorbereiding* tot den sprong: het brengen der extremiteiten in een voor den sprong zoo gunstig mogelijke ligging.

Nu is de houding van den opgehangen kikker een gestrekte (want in deze positie is hij voor mijn proeven geschikt); de extremiteiten hangen min of meer slap naar beneden (afgezien van den door BRONDGEEST beschreven tonus). De eerste beweging van het dier, dat den sprong voorbereidt, zal zijn, het buigen van de knie en het brengen van de gebogen knie naar den buik. Deze buiging is dan ook het constante antwoord, dat het reflexpraeparaat van den kikker geeft op de inwerking van een huidprikkel; zij omvat zoowel toenadering van het bovenbeen aan den buik, verscherping van den hoek tusschen boven- en onderbeen in 't kniege-

wricht, als het leggen van den voetrug tegen den voorsten tibiaalrand.

De tweede phase, waarin de beweging dan komt, is een snelle heftige strektetanus, soms niet ongelijk aan dien, welke bij strychnine-vergiftiging optreedt. Zwelt de prikkel nu nog hooger aan, dan ziet men verwarde afweer- en wischbewegingen te voorschijn komen, die voor registratie totaal ongeschikt zijn. Trouwens zulke hooge prikkelwaarden, waarbij deze ontstaan, worden door mij niet aangewend. Toch was het opvallend, dat er kikkers werden gevonden, die kleine prikkels van den beginne af met een strekbeweging beantwoordden, om daarna zeer gauw tot verwarde afweerbewegingen over te gaan. Of dit verschijnsel zijn oorzaak vindt in meerdere prikkelbaarheid der strekcellen bij het eene individu dan bij het andere of dat het een gevolg is van een speciale gewoonte om op die wijze aan de noxe te ontkomen (door de noxe zelf te verwijderen in plaats van zich van de noxe te verwijderen), mag in het midden blijven. Het feit blijve echter geconstateerd.

De buigbeweging dan van het geheele been is de beoogde reactie op het aangrijpen van de sensibele huidprikkeling. Dat deze buigbeweging, loopende over vele spieren, en tot meerdere spieren zich kunnende uitstrekken, als de functie van een *echt orgaan* kan beschouwd worden, is buiten twijfel. Adequate prikkels worden immers in een bepaalden vorm opgenomen en weer in een veranderden vorm aan de spieren overgegeven. Ook komt daarmee overeen de observatie van GAD, die vond dat de cellen, die het knooppunt vormen tusschen het centripetale en het centri-

fugale deel van den buigreflexboog, niet liggen bij den oorsprong der wortels der daartoe dienstige zenuwen, maar eenige segmenten hooger, even boven het IV^{de} wortelpaar. Het is dus waarschijnlijk langs lange reflexbogen, dat de impuls tot buiging afgevoerd wordt ¹⁾.

Uit de eigenaardige aanhechting der spieren volgt ook, dat deze beweging een der gemakkelijkst uitvoerbare is.

Echte buiger is vooreerst de Ileopsoas, die het bovenbeen nader aan den buik brengt; het onderbeen gaat dan tevens mede en wordt in de knie gebogen, doordat de van het bekken naar het onderbeen loopende adductoren in gewonen toestand zoo kort zijn, dat zij dit beendeel medetrekken.

Dorsaalflexie van den voet bewerkstelligt de tibialis anticus, die ook de knie zou strekken, doch daarin door de korte adductoren wordt verhinderd.

De buigbeweging dus aan den hangenden kikkerpoot als verticale optrekbeweging te voorschijn tredende, is de eerste resultante van het effect, dat een op 't onderbeen aangebrachte prikkel heeft. Bij nauwkeurig toezien echter, zonder dat de schrijvende naald wordt te hulp geroepen, bemerken wij, dat het effect van den prikkel zich niet onmiddellijk over alle spieren uitstrekt.

Het geheele mechanisme, ook van de buiging laat zich, vooral bij trage kikkers in fasen scheiden, die het bloote oog gemakkelijk kan onderkennen.

Als eerste antwoord op een zeer lagen prikkel, ziet men: Spreibeweging der teenen; daarna dorsaalflexie

1) GAD über Centren und Leitungsbahnen im Rückenmark des Frosches. DUBOIS REYMOND, Archiv. f. Phys. 1884, p. 304.

van den voet naar den bovensten tibiaalrand en tegelijkertijd daarmede, zelden gescheiden er van, buiging in het kniegewricht. Daarna naderbrengen van 't bovenbeen aan den buik. De heftigheid van den aangrijpenden prikkel nu bepaalt welke dezer bewegingen het eerst tot stand komt.

De resultante — en hier meen ik voor de beteekenis van mijn proeven gewicht op te mogen leggen — de resultante van al deze buigbewegingen, in welke volgorde zij ook plaats hebben, *is een vertikale opheffing van 't geheele onderbeen*, die men gemakkelijk registreeren kan.

Alleen de spreibewegingen der teenen, als uiting van een zeer kleinen of beginnenden grooten prikkel zou de registratie ontgaan.

In hoeverre, wanneer de heftigheid van den prikkel het medebrengt, dat het psoasgebied reeds dadelijk geprikkeld wordt, en het onderbeen door de boven beschreven adductorenwerking passief of door de samen-trekking der biceps, semitendinosus en semimembranosus-spier actief in 't kniegewricht gebogen wordt — is voor de verklaring eener verkregen graphische curve onverschillig.

Ik ontveins mij niet, dat in een registratie van de vertikale optrekbewegingen vele fouten zullen moeten schuilen, dat slechts hij een zuiver inzicht zou krijgen in het geheele mechanisme der reflexwerking, die een procédé volgde, analoog aan het technisch meesterstuk, dat WARREN LOMBARD ¹⁾ in LUDWIG's Laboratorium uit-

¹⁾ WARREN LOMBARD die Aufeinanderfolge Reflectorisch contrahirter Muskeln, DUBOIS REYMOND's Archiv. 1885, p. 408.

voerde, toen hij alle spieren van den kikkerpoot los praepareerde, en ze een voor een aan draden verbond, die even zooveel schrijvende hefboomen in beweging brachten. Afgezien nog van de groote technische vaardigheid, die ons hiertoe zou ontbreken, zoude deze proeveninrichting toch voor ons doel ongeschikt zijn. Dáár werd alleen de vraag gesteld in welke volgorde de spieren na een prikkeling van de ongeschonden huid der beenen reageerde. Mijn doel is de resultante der onderlinge samenwerking, zich uitend in een min of meer sterke optrekbeweging van het been, te bestudeeren. Een geïsoleerde geregistreerde spierwerking zou ons dus weinig licht geven en het nadeel door 't los praepareeren der spieren aangericht, zou onze geheele proefneming vruchteloos maken.

Mijn bedoeling immers is de vertikale beweging te beschouwen, die ontstaat wanneer het centrum in toto door verschillende sterke prikkels wordt getroffen.

Het centrum kiest dan zelve de spieren die het als antwoord in beweging zetten wil. De vermeerderde functie uit zich gevolgelyk in een veranderden loop der beweging, hetzij in tijd of in vorm of in hoeveelheid van spieren, die er aan deelnemen.

De ondervinding heeft geleerd, dat om een adaequaten prikkel aan het ruggemergcentrum aan te bieden, het van groot belang is den uitwendigen prikkel aan te wenden op de ongeschonden huid ¹⁾. Immers het

§ 40. Wáár
geprikkel
wordt

¹⁾ Zie WILLIAM STIRLING, über die Summation Electricischer u.s.w. Hautreize, Arb. aus der Phys. Anst. zu Leipzig, 1875, p. 229, contra MEIUIZEN Pflügers Archiv. 1873, Bd. VII.

reflexapparaat is veel minder gevoelig voor indirecte prikkeling geapliceerd op de centripetale zenuw, dan het gewone zenuwspierapparaat.

Hieruit blijkt, dat de physische prikkel eerst door het receptieve huidorgaan in een organische, somatische moet omgezet worden, wil het reflexapparaat in al zijn volheid reageeren.

Thans kwam de moeilijkheid ter sprake, wáár op het kikkerbeen de prikkel moest geapliceerd worden.

Correspondeert elke huidplek met een bepaalde groep spieren, dienstig om de noxa van een bepaald deel af te wenden, of wordt, onverschillig waar de huid geprikkeld wordt, het geheele been reflectorisch opgeheven?

Onze landgenoot SANDERS Ezn., heeft daaromtrent in LUDWIG's Laboratorium, waarin van 1869—1870 zulke verdienstelijke experimenten omtrent de kennis der reflexwerking, genomen werden, onderzoekingen gedaan. SANDERS verdeelde den rug, binnen en buitenzijde der achterste extremiteiten van 't reflexapparaat in kleine hokjes, teekende de aan de prikkeling van elk dezer terreinen resulterende beweging nauwkeurig na, hopende op deze wijze een inzicht te verkrijgen in den loop der centripeto-fugale banen ¹⁾.

WARREN LOMBARD ²⁾ registreerde de afzonderlijk losgepraepareerde spieren, die bij prikkeling van de ongeschonden huid van het reflexapparaat in beweging kwamen; gaf zich daarbij rekenschap, welke gewrichten

¹⁾ SANDERS Ezn. Arbeiten aus d. Phys. Anst. Leipzig 1867, refer. uit Cyon Method. der Phys. experimente u. Vivisectionen.

²⁾ WARREN LOMBARD. Die Aufeinanderfolge Reflectorisch contrahierter Muskeln. DUBOIS REYMONDT. Archiv, 1885, p. 408 en vlg.

het eerst op den prikkel antwoordden en hoe de samen-trekkende spieren en buigende gewrichten afhankelijk waren van de geprikkelde huidplaats. Nu bleek het dat deze laatste samenhang nauwelijks bestond. Steeds had dezelfde opvolging van spiercontracties plaats on-verschillig of voet, onder- of bovenbeenhuid electrisch, thermisch of mechanisch geprikkeld werden. De constant antwoordende spieren op een huidprikkel waren de buigspieren met name de musculi Semitendinosus Biceps, Tibialis anticus, Ileopsoas. Het resultaat was dus kniebuiging. Indien bij uitzondering geïsoleerde prikkeling van buikhuid of voetrug leidden tot primaire flexie van het bovenbeen tegen den buik of van den voet tegen het scheenbeen, dan was dit steeds tegelijkertijd met de kniebeweging.

Bij mijne proeven heb ik mij deze observaties van WARREN LOMBARD ten nutte gemaakt, doch om allen twijfel te ontkomen, is in de meeste gevallen de geheele beenhuid in aanraking met den prikkel gebracht.

De samenstelling der proefinrichtingen heeft in den loop van het onderzoek herhaalde veranderingen ondergaan. Slechts na veel tasten en zoeken was het mogelijk een inrichting te vinden die aan den eisch voldeed, dat een vrij hangende kikkerpoot gedurende langen tijd kon omspoeld blijven met een prikkelende vloeistof, en zonder storende nevenprikkel, regelmatige hefbewegingen op een schrijvende naald overbrengen. Daarbij moest de vloeistof gemakkelijk kunnen wegloopen, moest spoedig weer aangevuld worden en dit alles, terwijl het kikkerapparaat in dezelfde houding bleef volharden.

§ 41. Mijn
Toestellen.

Aan dezen eisch werd voldaan door de volgende inrichting:

De kikker werd, na op de boven beschrevene wijze geprepareerd te zijn, 1 à 2 uur na de operatie met touwtjes of bandjes (ten einde onnoodige reflexbeweging of eventueele remming te ontgaan, die bij 't doorsteken met spelden zou kunnen optreden) op een kurken of houten plaatje van ± 20 cM. hoogte en 10 cM. breedte, gespannen. Deze plaat kon door middel van klemschroeven in vertikale richting aan een statief heen en weer geschoven worden. Aan die plaat was nu stevig verbonden een glazen bakje, dat een hoeveelheid van 250 à 350 cM. vocht kan bevatten. In dat bakje hing de rana met den poot, waarvan de reflexoptrekking zou geregistreerd worden. De andere poot werd voorzichtig omhoog getrokken en eveneens met touwtjes en bandjes aan een ander deel der plaat bevestigd.

De kikker had dus ongeveer den stand van iemand die met een grooten sprong begint een trap te beklimmen: zijn eene been is gestrekt en rust op de laagste, zijn ander is gebogen en beklimt een hoogere trede. Aldus bevestigd, werd door de gestrekte poot, hetzij in de Achillespees, hetzij bij de 3^{de} of 4^{de} metatarsaalbeentjes een haakje geslagen, waaraan een paardenhaar was verbonden. Dit paardenhaar verbond den kikkerpoot met het schrijftoestel. Thans moest nog de eisch vervuld worden, dat het bakje wèl het schuivende paardenhaar, niet echter de prikkelende vloeistof kon doorlaten. Dit werd hierdoor bereikt, dat de bodem van het bakje eenigzins conisch toeliep en afgesloten werd door een caoutchouc stop.

In die stop nu waren twee openingen. In de eene, de zijdelingsche, stak een glazen pijpje van $\frac{1}{2}$ cM. middellijn, waarom een gummislang geschoven was met klenschroef. Langs dit buissysteem kon de vloeistof na gebruik desverkiezend afvloeien. In de andere opening, centraal gelegen, bevond zich een stuk thermometerbuis met een lumen juist zoo groot, dat het paardenhaar zich zonder veel wrijving daarin bewegen kon, terwijl er nauwelijks plaats was om vloeistof door te laten. Om de minuut vloeiden een paar druppels af, wat geen noemenswaarde daling van het vloeistofniveau teweeg bracht. Hief nu de kikker zijn poot op, dan werd het paardenhaar medegetrokken, gleed door het thermometerbuisje en bracht de schrijfnaald in vertikalen stand. Daar de vloeistofspiegel desverkiezend de inguinaalstreek van 't reflexpraeparaat kon bereiken, zoo had de heffing geheel *in* de vloeistof plaats. Ook werd zooveel mogelijk vermeden dat de kikker bij de pootopheffing den wand van het glazen bakje aanraakte. Om de prikkelende vloeistof te verwijderen, werd de klenschroef losgedraaid en de afvloeijing had langs de gummibuis plaats.

Door deze inrichting bleven kikker, bakje en schrijfapparaat steeds in dezelfde verhouding t. o. van elkander. Alleen de trommel werd verschoven, zoodra een nieuwe curve moest worden geschreven.

Wilde ik slechts een deel der kikkerhuid door de vloeistof prikkelen, dan werd het glazen bakje van de rustplaat verwijderd. De rana hing dan op dezelfde wijze aan het schrijfstoestel bevestigd, vrij in de lucht.

De azijnzuursolutie werd in dat geval geapliceerd of volgens de methode van SANDERS EZN. door nl.

éven groote stukjes vloeipapier, gedrenkt in de solutie, op den voetrug te leggen, of door een bepaalde hoeveelheid vloeistof uit een gecalibreerd pipet af te laten vloeien.

Bij de eerste wijze van toediening werd het oogenblik gemarkeerd, dat de vloeistof met den poot in aanraking kwam. De ingieting geschiedde steeds door dezelfde hand, met dezelfde gewoontesnelheid. Voor een nauwkeurige bepaling van den latenten prikkel-tijd kan onze proefinrichting natuurlijk niet gelden.

Dezen te bepalen was dan ook geenszins het doel van ons onderzoek.

Het overbrengen van de heffingen op de schrijvende trommel geschiedde op verschillende wijzen.

Vooreerst door luchttransport. De heffende kikkerpoot trekt met 't paardenhaar aan een stevig aluminiumstaafje van ± 13 cM. lengte, dat in vertikale richting om een horizontaal asje kan draaien. Dit staafje drukt een omgekeerd tambourtje in, hetwelk wederom op de gewone wijze met het registreer-tambourtje, dat de schrijvende naald draagt, in verbinding staat.

Verder werden voor zoover mogelijk volgens de methode van FICK de samentrekkingen geregistreerd, zowel bij bestaande isotonie der spieren, als isometrisch.

De schrijfinrichting voor de isotonische registrering bestond uit een dunne aluminiumnaald van 7 cM. lengte, die in vertikale richting om twee stalen asjes, die in stalen dopjes draaiden, kon opgetrokken worden. Het paardenhaar greep vóór of achter het draaipunt aan. In 't eerste geval werd boven, in 't laatste onder de nullijn geschreven.

De Isotonie werd bereikt door een gewichtje van 5—10 gram, soms minder, dicht bij 't draaipunt over een katrolletje te hangen. De Isometrie werd verwezenlijkt doordat de naald bij het bewogen worden in vertikale richting eerst den weerstand van een min of meer sterk gespannen veer moest overwinnen. Van de sterkte van de veer hing dan de hoogte van den uitslag af. Deze methode werd slechts zelden gebruikt. Alleen om de zekerheid te verkrijgen, dat de rhytmiciteit van het heffende kikkerbeen geenszins afhankelijk was van het beurtelings indompelen en uittrekken uit de vloeistof, heeft zij ons diensten bewezen.

Om de grootte der uitslagen te temperen, die soms hinderlijk was, werd somwijlen een systeem van twee in een vertikaal vlak loopende hefboomen gebruikt, waarvan de eene met het paardenhaar verbonden was en de andere de schrijfnaald droeg. Werd de eene hefboom opgetrokken dan volgde de andere, wijl deze door den zijden draad verbonden was.

De boven beschreven inrichting bleek voor ons doel geschikter te zijn dan de toestellen waarmede BAXT, SANDERS EZN. e. a. het reflexpraeparaat op chemische prikkels onderzochten. Uit de beschrijving en afbeelding ervan, bleek mij, dat zij den kikkerpoot lieten rusten op een metalen schijfje dat naar beneden gedrukt werd door den gestrekten poot, doch telkens als de poot opgeheven werd, naar boven veerde. Met dit veerende schijfje nu was de schrijvende naald verbonden. Drukte de dalende poot het naar boven gesprongen schijfje naar beneden dan naderde de curve weer de abscis. Deze methode, die wel is waar dit

§ 42. Toestellen van Baxt enz.

voor heeft, dat de kikkerpoot zelve onverlet blijft, was voor ons doel niet geschikt. De snelle heffingen toch van de kikkerpoot kunnen door het veerende schijfje niet gevolgd worden. De dalende poot komt telkens in botsing met de traagheid van 't stijgende schijfje, zoodat niet de ware hoogte van den pootuitslag door de curve zal worden aangegeven. — Naald en kikkerpoot moeten vast aan elkaar verbonden zijn, zoodat beide uitslagen elkander steeds trouw opvolgen. — Dit meen ik met mijn inrichting bereikt te hebben.

De hier beschreven inrichting kan alleen voor chemische prikkels gebruikt worden. Wilde men thermische, electriche of mechanische prikkels aanwenden, dan zou het noodzakelijk zijn geweest, om de inrichting eenigermate, naar dat de gekozen prikkel het meêbracht, te wijzigen.

Echter moest uit den aard der zaak, de keuze op chemische of thermische prikkels vallen, die stellig de prikkels zijn, die in het dagelijksch leven het meest den kikkerpoot treffen.

De electriche prikkels achtte ik, ondanks de mogelijkheid van juiste dosceering buiten het lichaam, voor mijn doel minder geschikt.

Wordt nu door voorzichtig ingieten in het boven beschreven bakje de poot door een zwakke azijnzuursolutie, b. v. 0.05 pCt., getroffen, dan gaat er een zekere tijd voorbij, alsvorens deze eenig teeken van beweging geeft. Is de prikkel zeer laag, dan treedt een golvende spierbeweging der teenen op, soms gevolgd door een korte buigbeweging in het kniegewricht, daarna is alles rustig.

Over den tijd die verstrijkt tusschen het appliceeren van den prikkel en 't optreden der beweging een enkel woord. Men noemt dien de latente periode. Wij laten geheel buiten beschouwing de elementen waaruit deze periode is opgebouwd. 't Is toch duidelijk, dat daarin op de eerste plaats begrepen is, de duur, die de prikkel noodig heeft om te diffundeeren naar 't receptieve huidorgaan, dan verwerkt te worden tot een adaequaten prikkel, verder de tijd die nodig is om langs den centripetalen zenuw voortgeleid worden naar de grijze massa, deze te doorloopen en als specifieke prikkel langs de centrifugale zenuw in de spier aan te komen. Deze verschillende stadia zijn nu door verschillende experimentatoren, hoofdzakelijk alweder uit de school van LUDWIG onderzocht ¹⁾. Wij gaan deze allen echter stilzwijgend voorbij, herinneren alleen aan HELMHOLTZ, die de eerste nauwkeurige meting deed van dat tijdgedeelte der latente periode, dat in beslag genomen wordt door 't doorstroomen van de grijze substantie en hetzelfde vond $\frac{1}{30}$ — $\frac{1}{10}$ van een seconde, zijn de ± 12 maal zoolang als de tijdduur is, die de prikkel noodig heeft om een zenuw te doorloopen.

Hier is het tevens de plaats om te herinneren aan de onderzoekingen van TÜRCK, die den reactietijd der *chemische prikkels* heeft gemeten. Deze onderzoekingen uit 1850, de eerste die gedaan waren, leerden, dat de tijd, die verstreek tusschen de applicatie van

1) Hierover bestaat een uitgebreide litteratuur herkomstig uit de jaren 1850—1875, waaraan de namen van TÜRCK, BAXT, SANDERS, ROSENTHAL, STIRLING, EXNER, PLACE, HELMHOLTZ verbonden zijn.

den chemischen prikkel en het optillen van het been, afnam, met de sterkte der prikkels. 't Is echter niet geoorloofd uit deze bevinding eenige conclusie te trekken omtrent den duur van dat engere tijddeel hetwelk de prikkel noodig heeft om de grijze substantie te doorstroomen.

Nauwkeuriger deed dit W. BAXT, die het bedoelde tijdsgedeelte eveneens aan chemische prikkels bestudeerde met electriche tijdmetingsapparaten. Hij vond hierbij de voor ons zeer merkwaardige zaak, dat de latente tijden in een geometrische reeks aangroeien, terwijl de zuurconcentratiegraden in een arithmetische afnamen.

De scherpzinnige gissing die BAXT bij dit opmerkelijk verschijnsel maakt is deze, dat de prikkelende werking van het zuur niet alleen van de hoeveelheid afhangt, die tot de zenuw doordringt, maar ook van de snelheid, waarmede de aanvoer geschiedt. Immers, daar de hoeveelheid van het zuur, die tot de zenuw doordringt, gelijk is aan 't product van zijn dichtheid en den diffusietijd, en wijl de voor het intreden der contractie noodige diffusietijd naar evenredigheid langer is dan het zuur in dichtheid heeft afgenomen, zoo concludeert BAXT, dat om een contractie op te wekken, des te meer zuur moet binnengedrongen zijn, naarmate dit langzamer geschiedde. Ieder zuurdeeltje zou dan een oogenblikkelijken stoot aan 't receptieve orgaan geven, vergelijkbaar met een inductieslag. Niet het getal der in den zenuw aanwezige maar dat der in de tijdseenheid tot hem doordringende zuurdeeltjes zou prikkel bewerken of anders gezegd, niet de blijvende, na het toetreden van het zuur voorhanden toestand,

maar de telkens intredende chemische omzetting in de zenuwmasa vormt den prikkel.

Deze beschouwingen van BAXT ¹⁾ hebben WILLIAM STIRLING ²⁾ geleid tot zijn bekend onderzoek over de summatie der electr. prikkels, waaruit hij proefondervindelijk de stelling afleidt, dat reflexuitslag slechts door herhaald aanstooten der nerveuse centra wordt opgewekt.

Voor mijn onderzoek is alleen van belang, dat het enger deel van de latente periode, dat het doorloopen van de grijze massa omvat, kleiner wordt naarmate de prikkels aan intensiteit toenemen.

Is na verloop van de latente periode de reflectorische pootbeweging ingetreden en blijft het praeparaat in aanraking met de prikkelende azijnzuursolutie, dan zien we merkwaardigerwijze een min of meer rhythmische reeks heffingen en dalingen van het been optreden. Soms hebben deze bewegingen gedurende 10 minuten een uiterst groote regelmatigheid, zoodat 't ware dansbewegingen zijn. In andere gevallen worden de korte heffingen afgebroken door meer langdurige, waarbij het been geruimen tijd tegen den buik geslagen blijft, om dan weer te dalen.

Op de schrijvende trommel nu zien we deze trekkingen weergegeven in een reeks een, twee en meer-toppage curven, die èn in hoogte, èn in volume, èn in

§ 44. Algemeen karakter der effect-curve.

1) W. BAXT, Die Reizung d. Hautnerv. durch verd. Schwefelsäure Ber. u. die Verh. de K. S. G. der Wiss. zu Leipz. 1871, p. 309 vlg.

2) W. STIRLING, Ueber die Summation electrischer Hautreize Arb. aus der Phys. Anst. Leipzig 1874, p. 223 vlg.

vorm, en in interval verschillen. Tab. I, fig. 2 toont zulk een reeks uitslagen; verder geeft Tab. II fig. 1—7 een voorbeeld, hoe de geschreven curve op de trommel gereproduceerd wordt.

Na een bepaalden tijd van inwerking, die voor elke prikkelsterkte verschillend is, houdt het praeparaat op te reageeren.

De eerste vraag, die zich nu voordeed, was: wat is de beteekenis van deze intensiteitscurve, dan, hoe dient zij gelezen, en ten slotte waaruit kan haar sterkte-karakter opgemaakt.

§ 45. Beteekenis der curve.

Het ligt niet binnen het bestek van mijn werkplan om een verklaring te beproeven van de onder zulke voorwaarden door het reflexapparaat van den kikvorsch geschreven kromme lijnen. Het is mij ook niet gelukt bij andere schrijvers eenige beschouwing te vinden omtrent den vorm der uitslagen, die de onder chemische prikkels arbeidende kikkerpoot opschrijft. Wel geeft WILLIAM STIRLING in zijn boven aangehaalde publicatie over de summatie der electriche prikkels curven, die, onder zeer snelle inductieslagen geschreven, in vele opzichten op de door mij waargenomen gelijken, doch het lag niet op zijn weg omtrent hunne wording in een nadere beschouwing te treden.

Het kan echter wel niet anders of de regelen, die blijken toepasselijk te zijn, bij de groepeerings der uitslagen, als antwoord op discontinue lang voortgezette electriche prikkels, zullen ook van toepassing zijn op het geval eener discontinue heffing, die als gevolg van een continuen prikkel door een chemisch agens, door het reflexapparaat, worden opgeschreven.

De eerste vraag echter die bij mij oprees was: of inderdaad het discontinue effect, de periodiek intredende hefbeweging, die min of meer bij allen weerkeert, wel een direct gevolg was van de inwerking van den prikkel op den kikkerpoot. Het gezicht toch van die rhytmisch volvoerde dansbeweging in het met azijnzuursolutie gevulde bakje is in zoo hooge mate merkwaardig, dat men zich afvraagt of men hier niet met een proeffout te doen heeft, en een zoozeer kenmerkende periodieke beweging, ondanks een continu inwerkend agens, niet kunstmatig in 't leven zou zijn geroepen.

Het zou toch mogelijk kunnen zijn, dat de continue inwerking van 't prikkelende agens slechts schijnbaar continu, doch inderdaad een intermittente was; dat de rana door haar heffingen, beurtelings in en uit de vloeistof telkens weer met de azijnzuursolutie in aanraking kwam en even zooveel impulsen tot hernieuwde heffing ontving. Ook ware het mogelijk dat lichte aanrakingen met den rand van het bakje, veranderingen in specifieke zwaarte enz. periodiek inwerkende prikkels konden voorstellen.

Dit alles nu heb ik in methodisch genomen voorproeven trachten te controleeren.

Vooreerst werd de kikker aldus opgehangen, dat de vloeistof hem tot aan den inguinaalstreek omspoelde en elke heffing noodzakelijk beneden het vloeistof-niveau moest plaats grijpen. Een ander maal werd een sterke veer aan het schrijvende hefboompje verbonden, zoodat de verticale pootverplaatsing slechts een paar centimeter bedroeg en dus bij een totaal gevuld bakje van heffing uit de vloeistof geen sprake was. Dan werd bij een loshangenden kikker de vloeistof

stof op een gedeelte van den poot gegoten of, geïmbibeerd in een klein stukje vloeipapier, op den voetrug gebracht. Telkens was 't antwoord uitermate levendige hefbewegingen.

Ten slotte spreekt het van zelve, dat het bakje een doorsnede bezit van dergelijke grootte, dat aanraking met den poot tegen den wand niet kan plaats grijpen. Het blijkt nu volmaakt onverschillig te zijn voor den trekken kikkerpoot, of hij zich vrij in de lucht bewoog dan of hij door sterke belasting aan het myographion, zich nauwelijks uit de vloeistof kan verheffen: steeds waren periodieke pompbewegingen van meer of minder langen duur, het antwoord van het kikkerpraeparaat op den continuen chemischen prikkel.

Dit mag dus als vaststaande aangenomen worden, en bij nader bezien van het verband tusschen prikkel en effect kan dit ook nauwelijks verwondering baren. Een korte beschouwing daarover vooraf.

Het gewone los gepraepareerde zenuw- of spierpraeparaat vermag een enkelen impuls van buiten te ontvangen en als innervatie-impuls naar den spier door te zenden. Bij opeenvolging van impulsen is de rhytmus van ontvangst gelijk en isochroon met den rhytmus van antwoord, zelfs tot zeer hooge grenzen. Ook stijgt en daalt de hefhoogte der spier met de grootte van den prikkel, die de contractie veroorzaakt. Is het interval der opeenvolgende impulsen zeer klein en binnen den latenten prikkeltijd, dan versmelten de afzonderlijke heffingen tot tetani, voor wier vorming bepaalde regelen gelden.

Niet aldus, wanneer tusschen de centripetale zenuw en de motorische spier een centrum i. e. een groep

gangliencellen is ingeschakeld. Dan worden de impulsen niet in hetzelfde tempo aan de spier afgegeven, als zij door de centripetale zenuw worden aangevoerd. Men moet zich voorstellen, dat hun rhytmus als 't ware gedempt wordt, dat de zich snel opvolgende impulsen niet alleen in een ander tempo, maar ook in een andere intervalgroepeering worden doorgezonden. Het centraalapparaat maakt den indruk een eigen regeling der impulsen, die het aan de spier wenscht mede te deelen, te volvoeren. Het is alsof het eenige centripetale prikkels opzamelt, in een verhoogde spanning geraakt en dan bij wijze van ontlading eenige impulsen aan het reflecteerend spierapparaat doorzendt. De samentrekking is echter dan geen *geïsoleerde uitslag*, zooals het gewone spierzenuwpraeparaat doet — maar *een samengestelde, een tetanische*. Het reflexpraeparaat geeft dus zijn *impulsen in tetani weer*.

Dit alles nu is grondig bestudeerd aan discontinue b.v. electr. prikkels ¹⁾. De voorwaarden zijn opgespoord waaraan de discontinue stooten moeten voldoen om een zoo groot mogelijken reflectorischen spieruitslag te geven (WARD ²⁾, STIRLING ³⁾, EXNER ⁴⁾ enz.).

Bij de continue chemische prikkeling daarentegen weten wij niet, hoe de prikkel aan de centrale gangliencellen aankomt. Uit de gedragingen der onder deze omstandigheden geschreven curve, die ook uit periodieke tetani bestaat, wier onderlinge afstand met de sterkte der prikkels omgekeerd evenredig is, die

1) HORSLEY en SCHÄFER, Journ. of Physiol. 1886.

2) WARD, Arch. f. Anat. u. Physiol. Phys. Abth. 1880 p. 72.

3) STIRLING, l. c.

4) EXNER, l. c.

verder in 't algemeen een merkwaardige identiciteit vertoont met de curve door een discontinu prikkelend agens in 't leven geroepen — gissen wij dat iets analoogs in den boezem van het centraalapparaat plaats grijpt. We kunnen ons dit niet anders denken dan door de onderstelling, dat de chemische continue prikkel in den vorm van discontinue stooten door het centraalapparaat ontvangen wordt.

Deze gissing is dan ook herhaalde malen door onderzoekers, die met chemische prikkels het reflexapparaat bestudeerden, geopperd. (BAXT, BERNSTEIN, TÜRCK).

In discontinue effecten, een oogenschijnlijk continuen prikkel weer te geven, is dus een eigenschap die 't reflexapparaat met de overige prikkelbare materie gemeen heeft: maar die discontinuïteit weer te geven niet in enkelvoudige spieruitslagen, maar in samengestelde heffingen, in tetani, ziedaar een eigendommelijkheid die de centrale gangliencel heeft, voor zoover zij 't reflexapparaat beheerscht.

Wat we nu aan de uit enkelvoudige heffingen geschreven curve waarnemen bij versterking des prikkels: n.l. afstandsverkleining tusschen de uitslagen, uitlopend op samensmelting dier uitslagen tot tetani; ditzelfde zien we ook hier bij ons reflexcurve gebeuren; de afzonderlijke tetani naderen bij verhooging des prikkels elkander, vereenigen zich tot grootere en ondergaan dientengevolge zeer eigenaardige vormveranderingen.

Dezelfde invloeden dan, die de physiologie leert, dat voor het spierzenuwapparaat geldig zijn hij de samensmelting der afzonderlijke heffingen tot tetani zullen

voor de reflexwerking mogen worden overgedragen op de vereeniging der afzonderlijke tetani tot grootere. In den laatsten tijd nu heeft de leer der ontwikkeling van den tetanus belangrijke veranderingen ondergaan. Door onderzoekingen van V. KRIES, v. FREY ¹⁾, BOWDITCH, BOHR ²⁾, BUCKMASTER ³⁾, HORSLEY, RICHET e.a. is het begrip der summatie door HELMHOLTZ geformuleerd, eenigzins gewijzigd met betrekking tot de invloeden die er op inwerken.

Nu was het opvallend, dat mijn saamversmolten tetani zoo vaak verschillende vormen vertoonden, en ik meende ook nu in deze vormen vertegenwoordigd te zien de momenten, die voor de versmelting der afzonderlijke heffingen van invloed geacht worden.

§ 46. Tetanus vormen en vermoedelijke analogie.

Deze invloeden worden dan als volgt aangeduid;

1. het verschijnsel der Bowditch trap;
2. de neiging tot contractuurvorming;
3. de trapvorming, van belasting afhankelijk (zelf-ondersteuning).

Van al die verschillende vormveranderingen des enkelvoudigen en saamgestelden tetanus wil ik een afbeelding geven en daarbij de gissing mededeelen waaraan, in aansluiting aan Physiologische gegevens deze vormverandering afhankelijk is.

Wanneer men fig. 2, tab. I beschouwt, dat een curve voorstelt onder isotonische belasting der spier met het

1) MAX v. FREY. Ueber zusammengesetzte Muskelzuckungen. DUBOIS REY-MONDT Arch. Phys. Abth 1888, p. 213. Idem 1887, p. 195.

2) BOHR. Ueber den Einfluss der tetaniserenden Irritanten auf Form und Grösse der Tetanuscurve. D. R. ARCH. Phys. Abth. p. 233.

3) BUCKMASTER. Idem, 1886, p. 462.

directe myographion geschreven door een onder matig sterken prikkel werkenden kikkerpoot, dan zal het de aandacht treffen, dat al die tetanische heffingen een lichte neiging tot groepeerings vertoonen, wat betreft hun interval, en daarenboven dat de toppen der tetani ongelijk zijn. Men zou kunnen vragen of we hier met een analogon van hetzelfde verschijnsel te doen hebben wat in de Physiologie als trap van BOWDITCH bekend is, en zoowel bij de onder continue prikkels werkende hartspier, als bij het onder dezelfde omstandigheden werkende warm- of koudbloedige spierapparaat plaats vindt. In de physiologie wordt dit verschijnsel verklaard door aan te nemen, dat prikkelbaarheid van een spier door weinig voorafgaande prikkels verhoogd, door vele daarentegen verlaagd wordt. Voor ons reflexapparaat, waarbij de z.g. summatie zoo'n groote rol speelt, zou dus een dergelijke wijze van voorstellen verre van misplaatst zijn. Toch kan het niet ontkend worden, dat de regelmaat in het ongelijke beloop der toppen niet van dien aard is om zoo zonder meer de verklaring van dit Bowditchsche verschijnsel op deze curve toe te passen.

Maar het zou ook mogelijk kunnen zijn, dat de ongelijkheid der uitslagen haar oorzaak vindt in de ongelijke sterkte der het centraal zenuwstelsel bereikende prikkels. Dat deze nu ongelijk kunnen zijn, zal iedereen gemakkelijk inzien, die bedenkt, hoe verspreid de tastlichaampjes in de kikkerhuid liggen. Denkbaar daarom is het, dat zij uit dien hoofde niet gelijkmatig met de prikkelende vloeistof in aanraking kwamen, dat lichte concentratieveranderingen door 't dieper indringen der vloeistof om een tastlichaampje

te bereiken, plaats vonden. Ook kan de ongelijke groepeerling der tastlichaampjes van invloed zijn.

Niet echter om 't verschijnsel te verklaren wijs ik hierop, doch alleen om te laten zien, dat wanneer bij verhooging van den concentratiegraad des prikkels deze afzonderlijke tetani gaan versmelten, deze ongelijkheid der toppen bij de versmelting medegenomen wordt en dus van invloed zal kunnen zijn op den vorm des tetanus. Fig. 6 laat daarom zien, hoe de golving bij 't naar elkander toe richten der afzonderlijke heffing scherper uitkomt en ten slotte vertoont fig. 1 een met het directe myographion geschreven fraaie isotonische lawine, genomen uit een voortlopende curve, die nog vele van dergelijke lawinen bevatten. Of deze als een soort Bowditch trap moet opgevat worden of als een sterk gemarkeerd summatieverschijnsel, of als een uitdrukking voor ongelijke prikkeling der zenuwmaterie, waag ik niet te beslissen.

Het tweede moment, dat op den vorm des tetanus i. e. des saamversmolten tetanus van invloed kan zijn, is de neiging tot contractuur d. w. z. de traagheid van den spier om na een gedanen uitslag weer tot zijn uitgangspunt terug te keeren. Deze contractuur is een eigenschap van het frissche kikkerpraeparaat; zij moet niet verward worden met de vermoeieniscontractuur. Schrijft de laatste lang gerekte lage curven, de eerste geeft een flinke spitse verheffing, die echter talmt om naar de abscis terug te keeren, doch dit doet met een z. g. neusvormigen uitslag (FUNKE ¹⁾). Deze neiging tot contractuur is een soort van diathese,

1) MAX V. FREY, DU BOIS REYMOND's Arch. Phys. abth. 1887 p. 201.

welke behalve van ouderdom en frischheid van 't kikkerpraeparaat, ook nog afhankelijk blijkt te zijn van 't jaargetijde, waarin de dieren gevangen worden. De ontwikkeling van de contractuur bij den gewonen kikker wordt echter ook in de hand gewerkt door een snelle opeenvolging van prikkels, zoodat we b. v. bij een snel prikkelinterval in 't midden enkele contracturen kunnen vinden. Wij zien dit in fig. 1 bewaardheid, terwijl ik meen in fig. 4 van rechts naar links te lezen een voorbeeld van den z. g. neus van FUNKE te kunnen vertoonen.

Van eenigen invloed ten slotte op den vorm onzer curve bleek ook te zijn de belasting: men vergelijke b. v. met elkander de fig. 3, 4 van tab. I met de fig. VII tab. II. Men ziet dan hoe bij de twee eersten de tetanuscure onmiddellijk haar top bereikt, en daar blijft om dan weer te dalen, hoe op de andere figuur trapsgewijze 't hoogste punt bereikt wordt. Meermalen bleek het mij, dat bij hooge prikkels dit verschijnsel met de belasting samenhangt.

Mogelijk dat deze bevinding geïdentificeerd mag worden met het verschijnsel door v. FEY, v. KRIES e. a. als »zelfondersteuning» beschreven. Volledigheidshalve stip ik het slechts aan.

De beschouwingen over verschillende tetanusvormen meen ik niet verder te mogen uitbreiden, maar kan alleen de overtuiging uitspreken, dat de samengestelde tetanuscure, geschreven door ons reflexapparaat, wel verschillende gedaanten kan aannemen, maar dat deze gedaanten echter volkomen overeen komen met hetgeen de physiologie ons leert omtrent de vormveranderingen van den enkelvoudigen

tetanus m. a. w., dat de curve voor meting betrouwbaar is.

Na aldus kennis gemaakt te hebben met de verschillende vormen, die de tetanische contractie kan aannemen, komt de vraag aan de beurt: hoe verloopt verder de curve: welke zijn de verschillen der curven onderling, die als antwoord op prikkels van verschillende intensiteit geschreven zijn.

Ik heb reeds gezegd dat 't reflexapparaat een prikkelgrens kent. Deze prikkelgrens is voor elken kikker individueel ietwat verschillend en hangt van grootte van 't proefdier, jeugd en jaargetijde, waarin 't dier gevangen werd, af. Als laagste grens vond ik in den tijd, dat ik experimenteerde een azijnzuursolutie van 0.01 pCt. Meestal ving onze prikkel reeds aan bij 0.05 of 0.1 pCt.

§ 47. Verder
beloop der
curve.

Treft nu een zeer lage prikkel den poot, dan ziet men een paar kleine tetanische heffingen, aanvankelijk met gelijke, vrij groote intervallen na elkaar optreden.

Is de prikkel dicht bij de prikkelgrens, dan houden de uitslagen na eenige minuten op en de poot komt in rust. 't Is als of de zenuwsubstantie van het centraalapparaat even uit haar evenwicht gebracht wordt, dit door enkele spierheffingen vertolkt, om daarna weer in rust te geraken.

Versterken wij den prikkel, dan zien we de intervallen kleiner worden, de tetani zelve iets grooter. De heffingen volgen elkaar uiterst regelmatig op. Soms versmelten er eenige tot een drie of viertoppigen tetanus, meestal zijn 't tweetoppige uitslagen. Zeer lang kan de effectduur van zulk een prikkel zijn. Fig. 2

toont een gedeelte van een curve door een matig lagen prikkel geschreven. Over de golvende toplijn is reeds gesproken; op de even zichtbare groepeerings reeds gewezen.

Stijgt nu onze prikkel hooger, dan schuiven de tetani naar elkaar toe; niet echter allen gelijkmatig, doch groepsge wijze. Het is of 4 of 5 afzonderlijke tetani zich tot één organisch geheel vereenigen en een grooteren tetanus vormen. Een grootere interval scheidt hen dan weer van een andere groep versmeltende tetani; fig. 1 vertoont zulk een groepeerings. Vermeerderen we nu nog onzen prikkel, dan verkleint zich de interval wederom tusschen die tetani. Wederom hebben versmeltingen plaats en grooter volumineuser tetani ontstaan.

Eindelijk wordt onze sterkste prikkel boven 1 pCt. azijnzuursolutie beantwoord door een groote tetanus-curve, waarin enkele gapingen te zien zijn; een curve, die evenwijdig aan de abscis loopt, waarin kleine oscillaties aan den top en enkele diepe inkervingen de discontinuïteit der samenstelling bewijzen, zooals fig. 3 vertoont.

Het spreekt nu van zelve, dat intusschen de gemiddelde hefhoogte der uitslagen bij intensiteitsvermeerdering des prikkels eveneens toegenomen is. Dit geschiedt echter tot zekere grenzen. Immers is de kikkerpoot tegen den buik geslagen, dan is er van meerdere verheffing geen sprake. De intensiteit van 't effect zal zich dan in volumineuser tetani omzetten.

Het is nu ondoenlijk den momentanen invloed van al de opgesomde factoren op den vorm van den uitslag stuk voor stuk aan te wijzen. De lezer echter die de op tabel II gereproduceerde curvendeelen be-

schouwt, zal zich met één blik beter een denkbeeld weten te maken van de wijze waarop 't reflexapparaat de intensiteit des prikkels vertolkt, dan dit door veel woorden is te doen. Het besluit echter waartoe ik kom is, dat bij onderlinge vergelijking der geschreven curven, beantwoordend aan verschillende prikkelsterkten, als points de repère mogen gelden.

1. Verschil in hefhoogte.
2. Grootte van 't interval tusschen de hefhoogten.
3. Grootte der versmolten tetani.

Uit deze gegevens dient de intensiteitschaal van het effect te worden bepaald.

HOOFDSTUK VI.

Proeven.

§ 48. Vraag-
stelling der
experimen-
ten.

Nadat ik er dus in geslaagd meende te zijn, om binnen zekere grenzen de curven, die het reflex-apparaat van den kikvorsch schrijft, wanneer de poot met azijnzuur wordt geprikkeld, te kunnen lezen, boden de vragen, die ik te beantwoorden zou hebben, zich van zelf aan.

In de eerste plaats wenschte ik in beginsel beslist te zien of door het reflex-apparaat van den kikvorsch *elke* vermeerdering van den prikkel met een vermeerdering van reflectorisch effect beantwoord werd, of dat er twee prikkels waren waartusschen het reflex-apparaat geen verschil bespeurde, m. a. w. of dit apparaat een *onderscheidsgewoetheid* kende. En indien dit laatste het geval ware, indien na inwerking van een prikkel een geringe vermeerdering van zijn sterkte zich niet door vermeerdering van reflectorisch effect verraadt, dan rees de vraag, bestaat er een grenswaarde voor de onderscheidsgewoetheid en staat deze grenswaarde in eenigerlei verhouding, zij het in rekenkundige of meetkundige reden tot de uitgangsprikkels, wanneer zij op verschillende plaatsen der prikkelschaal gezocht worden. M. a. w. dus, de vraag werd opgeworpen: geldt de wet van WEBER voor het kikkerpoot-reflex-apparaat. Luidt deze: »even merkbaar onderscheid wordt tusschen prikkelparen gevoeld, die tot elkander in bepaalde geometrische verhouding staan,” dan moet zij, overge-

dragen op het reflex-apparaat dat met azijnzuur geprikkeld wordt, ietwat anders gelezen worden en wel:

»Bij continu voortgezette prikkeling met chemische agentia, vindt een merkbare verandering in reflectorisch effect slechts dan plaats, wanneer de concentratiegraden der aangewende prikkels tot elkander in een bepaalde en dezelfde verhouding staan.»

In dezen vorm is het mogelijk, de wet van WEBER aan mijn reflex-apparaat te toetsen. Twee wegen stonden daartoe open.

In de eerste plaats kon ik achtereenvolgens prikkels met zeer geringe intensiteiten doen opklimmen. Terwijl dus de naald op den draaienden trommel de heffingen noteerde bij een bepaalde zwakke azijnzuursolutie geschreven, kon ik geleidelijk den concentratiegraad versterken, en het oogenblik noteeren, waarop een verandering der curve ontstond, die op intensiteitsvermeerdering wees. De op dat oogenblik aanwezige concentratiegraad tegenover dien van den uitgangsprikkel, was dan de gezochte. Zoo doende kon ik voortgaan, en een reeks concentratiegraden bepalen, waarbij even merkbare intensiteitsveranderingen in de curve ontstonden. Met de boven beschreven points de repère voor oogen, nl. *de mij gebleken karakterveranderingen der curve onder verschillende sterkte invloeden*, wil ik niet ontkennen, dat een proefneming in dien geest mogelijk zou zijn, maar zij is zeer moeilijk uitvoerbaar. Talrijke experimenten heb ik in die richting genomen. De methode leent zich uitstekend om de overtuiging te krijgen, dat het reflex-apparaat van den kikvorsch onderscheidsgoed gevoeligheid kent. Vooral als men vloeipapiertjes op

§ 49. Studie der voortlopende curve.

den kikvorschpoot plaatst, gedrenkt in azijnzuur van langzaam stijgenden concentratie-graad, kan men de bijna schoksgewijze geschreven veranderingen der curve gemakkelijk vaststellen. De moeilijkheid om de verschillende factoren, die de verandering der curve bepalen naar waarde te schatten, maakt de resultaten dezer methode, als zij meer zal bewijzen dan het bestaan der onderscheidingsgevoeligheid, nauwelijks bruikbaar. Met veel moeite heb ik, terwijl de kikkerpoot in het bakje hing, enkele bruikbare resultaten gekregen. Ik had dan het experiment aldus ingericht:

De kikkerpoot hing in het bakje, dat met een azijnzuursolutie van geringe sterkte bijv. 0.1 pCt. azijnzuur gevuld was. De naald registreerde de heffingen. Plotseling werd de afvoerbuis opengezet, het bakje liep leeg en werd tegelijkertijd aangevuld met azijnzuur van 0.11 pCt. De poot bleef doorschrijven met dezelfde intensiteits-curve, dan werd na eenige oogenblikken de prikkel verhoogd, totdat het punt bereikt werd, waarop de curve een ander karakter aannam. Zoo werd eenige malen voortgegaan.

De aldus verkregen cijfers stonden tot elkander veeleer in relatieve dan in absolute verhouding, maar hebben tegenover de betere wijze van doen, die ik zoo aanstonds vermeld, te weinig beteekenis, om ze hier uitvoerig te vermelden. Toch wil ik één proef mededeelen.

PROEF I.

Een groote *Rana escul.* wordt op 3. V. 97 met een aanvangsprikkel van 0.1 pCt. Ac. Acetic. tot reflexbewegingen gedwongen. De prikkels werden laag gekozen om zoo veel mogelijk geïsoleerde heffingen te verkrijgen.

De regelmatige heffingen hebben een zekere hefhoogte. Telkens wordt in het bakje de prikkel met 0.025 pCt. Ac. Acetic. versterkt. De duur van de inwerking bedraagt telkens $\frac{1}{4}$ omgang van den trommel. De hoogte der isotonisch blijvende spierheffingen, gedurende de eerste periode der geschreven curve wordt gemeten.

										Abs. verschil.	Rel. verschil.
0.1	pCt. ac. acetic.	geeft reactie met heffingen van	17 mM.							0.025	1.25
0.125	»	»	»	»	»	»	»	»	34		
0.150	»	»	»	»	»	»	»	»	54	0.025	1.2
0.175	»	»	»	»	»	»	»	»	56		
0.2	»	»	»	»	»	»	»	»	70	0.05	1.33
0.25	»	»	»	»	»	»	»	»	40		
0.275	»	»	»	»	»	»	»	»	85	0.075	1.37
0.3	»	»	»	»	»	»	»	»	75		
0.325	»	»	»	»	»	»	»	»	45	0.1	1.36
0.350	»	»	»	»	»	»	»	»	65		
0.375	»	»	»	»	»	»	»	»	125		
0.4	»	»	»	»	»	»	»	»	90		

De absolute verschillen, waarbij sterk merkbare verandering in de curve plaats vindt, bedragen dus 0.025, 0.025, 0.05, 0.075, 0.1.

De relatieve verschillen, waarbij deze verandering in de curve intreedt, bedragen 1.25, 1.2, 1.33, 1.37, 1.36.

Men ziet uit zulk een ruwe voorproef reeds, dat stijging volgens absolute prikkeltoename niet zeer waarschijnlijk is.

De tweede weg voerde beter tot het doel. Het was mij gebleken, dat het reflex-apparaat nadat het gedurende eenigen tijd op een continu inwerkende azijnzuurconcentratie heeft gereageerd, tot rust komt, ook al blijft de prikkel doorwerken.

De duur van de reactie, dus de lengte van de geheele doorloopen curve, hangt af van de sterkte van den prikkel en staat in een omgekeerde verhouding

§ 50. Afstompingsmethode.

tot die sterkte. Vult men het bakje met een solutie van 0.05 pCt. azijnzuur en laat men den prikkel (terwijl het niveau door nieuwen toevoer constant blijft, en door matig snellen afvoer voor gelijk blijven der solutie heeft zorg gedragen) blijvend inwerken, dan kan het in gunstige gevallen een kwartier, een half uur en langer duren, eer men den in regelmatige intervallen trekkenden kikkerpoot tot rust ziet komen. Is hij tot rust gekomen, dan wekt slechts een hoogere concentratiegraad van het azijnzuur hem tot hernieuwde actie op.

Worden echter de concentratiegraden sterker, bijv. tusschen 0.2 en 0.8 pCt. azijnzuur, dan vermindert de duur der reactie geleidelijk, en bij prikkels boven 0.8 pCt. azijnzuur ziet men bij veel kikkers niet anders, dan eenige groote tetanische uitslagen, waarna de poot tot rust komt.

Iedere prikkel heeft als het ware zijn eigen reactie-duur, even goed als zijn eigen reactie-vorm.

De vorm van de curve heeft niet over den geheelen duur het karakter van gelijk blijvende intensiteit. Deze neemt geleidelijk af. De heffingen, die zich aanvankelijk summeeren en grooter worden, terwijl zij sneller op elkander volgden, en op de bekende wijze smelten, verminderen in hoogte, in interval. De samengestelde tetani maken plaats voor afzonderlijke en gradueel komt het praeparaat tot rust.

Is die afnemings-curve der intensiteiten dan uitputting te noemen? Het komt mij niet zoo voor. Nauwelijks toch wordt het praeparaat met een genoegzame (hoe wel nog altijd kleine) versterking van den concentratiegraad van het azijnzuur op nieuw geprikkeld of een nieuwe reeks heffingen vangt aan.

Bovendien worden geen der teekenen van uitputting waargenomen. Geen trage heffingen, geen eigenaardige vormen der contractuur, geen langen latenten tijd, niets van dat alles vindt men in de onmiddellijk daarna geschreven curve. Toch sluipt de uitputting langzamerhand het praeparaat binnen — maar dan ook met de onbedriegelijke teekenen harer aanwezigheid.

Het is dus wel mogelijk, om, gebruik makend van deze eigenschap van het reflex-apparaat, dit voor de prikkels af te stopen, als men het zoo noemen mag.

De kikvorschpoot hangt weder in de vloeistof, een zwakke azijnzuur solutie, en blijft daarin hangen tot de reactie is afgelopen, die op den draaienden trommel wordt genoteerd. Dan werd gezocht bij welke solutie andermaal een reactie begon. Na behoorlijk uitrusten, ten einde de definitieve uitputting tot een minimum te reduceeren, werd bij een willekeurig anderen (hoo-geren) concentratiegraad de reactie opgewekt, en als deze tot rust was gekomen, wederom de waarde gezocht van de azijnzuursolutie, die een hernieuwde reactie teweegbracht. Ten einde niet langer de huid met zuur in aanraking te brengen dan noodig was, werd vooral bij sterkere concentratiegraden, een kunstgreep gebruikt, die voor de hand lag. Volgt na een prikkel a , een nieuwe reactie bij een prikkel b , dan zal de opklimming $b-a$ zijn; wordt nu bij een tweeden prikkel x en ij , de waarde van ij gezocht, dan zal $ij = x + (b-a)$ zijn, als de *absolute* opklimming der prikkelreeks de grenswaarde der onderscheidingsgevoeligheid bepaalt. Daarentegen zal $ij = \frac{b}{a} x$ moeten zijn, als een *relatieve opklimming* de grenswaarde der onderscheidingsgevoeligheid regelt.

De gevolgde kunstgreep bestond nu daarin, dat men

alleen de waarden $x + (b - a)$ en $x \times \frac{b}{a}$ beproefde en de tusschenwaarden niet allen aanwendde.

Enkele proeven zal ik, met dit doel voor oogen, meedeelen.

PROEF I.

26. VI. 97. *Rana esculenta*. Versch praepar. T. 21° C.

Azijnzuur van 0.5 pCt. azijnzuur geeft reactie van ± 5 minuten.

Onmiddellijk daarna » » 0.51 » » niets.

» » » » 0.52 » » weder langdurige reactie.

Absoluut verschil 0.02. Relatief verschil 1.04.

Na een uur rust geeft dezelfde *Rana* T. 21° C.

Azijnzuur van 0.8 pCt. azijnzuur reactie ± 2 minuten.

Onmiddellijk daarna » » 0.81 » » niets.

» » » » 0.82 » » »

» » » » 0.832 » » flinke reactie.

» » » » 0.85 » » niets.

Absoluut verschil 0.032. Relatief verschil 1.04.

Hierbij valt op te merken dat 0.83 en 0.84 niet werden beproefd om niet noodeloos te prikkelen. Deze rana bleek een zeer gevoelig exemplaar te zijn.

PROEF II.

29. VI. 97. *Rana esculenta*. T. 21° C.

Beginprikkel 0.4 pCt. ac. acetic. geeft reactie 6 minuten.

Onmiddellijk daarna 0.41 » » » » niets } Abs. verschil 0.04

» » 0.42 » » » » » } Rel. » 1.1

» » 0.43 » » » » » }

» » 0.44 » » » sterke reactie gedurende 6 min.

» » 0.45 » » » geeft niets } Abs. verschil 0.05

» » 0.46 » » » » » } Rel. » 1.11

» » 0.48 » » » » » }

» » 0.49 » » » flinke reactie gedurende 5 min.

Na een $\frac{1}{2}$ uur pauze geeft 0.7 » » » reactie 3 min. }

» » » » » 0.74 » » » geeft niets } Abs. verschil

» » » » » 0.75 » » » » » } 0.07.

» » » » » 0.76 » » » » » } Rel. verschil

» » » » » 0.77 » » » » » } 1.1.

De absolute verschillen zijn dus 0.04, 0.05, 0.07. De relatieven 1.1, 1.11, 1.1.

PROEF III.

16. V. 97. Kleine Rana esculenta. T. 19° C.

Beginprikkel 0.2 pCt. ac. acetic. Langdurige reactie.

					Abs. verschil.	Rel. verschil.
»	0.21	»	»	niets	0.03	1.15
»	0.22	»	»	»		
»	0.23	»	»	reactie		
»	0.24	»	»	niets		

Een uur pauze toen:

0.5 pCt. ac. acetic. reactie	0.07	1.14
0.51 » » » niets		
0.52 » » » »		
0.54 » » » »		
0.57 » » » reactie		
0.58 » » » niets		

Na een nieuwe pauze van één uur:

0.8 pCt. ac. acetic. reactie	0.08	1.11
0.81 » » » niets		
0.84 » » » »		
0.85 » » » »		
0.88 » » » reactie		

De absolute verschillen zijn dus 0.03, 0.07, 0.08.

De relatieve verschillen 1.15, 1.14, 1.1.

PROEF IV.

17. V. 97. Rana Esculenta, groot exempl.

		Absoluut verschil.	Relatief verschil.
Beginprikkel.	0.325 pCt. ac. acetic reactie	0.03	1.1
De eerstvolgende prikkel die reactie geeft . .	0.355 » » » »		
De eerstvolgende prikkel die nu reactie geeft .	0.39 » » » »	0.035	1.1
De absolute verschillen zijn 0.03, 0.035.			
De relatieve verschillen zijn 0.1 en 1.1.			

PROEF V.

20. VI. 97. Groote rana esculenta.

		Absoluut verschil.	Relatief verschil.
Beginprikkel . . .	0.07 pCt. acet. langdurige reactie	0.03	1.4
Eerstvolgende prikkel met reactie. .	0.1 » » » » »		

		Absoluut verschil.	Relatief verschil.
Eerstvolgende prik- kel met reactie. . . 0.19 pCt. ac. acet. langdurige reactie		0.09	1.9
Volgende reeks na een uur pauzeeren:			
Beginprikkel 0.4 pCt. ac. acet. reactie		0.16	1.4
Eerstvolgende prikkel met reactie 0.56 " " " "			
Eerstvolgende prikkel met reactie 0.78 " " " "		0.22	1.4

De relatieve verschillen waren dus 1.4, 1.9, 1.4 en 1.4.

De absolute verschillen daarentegen 0.03, 0.09, 0.16, 0.22.

PROEF VI.

24. I. 97. Groote versche rana esculenta, wordt als volgt onderzocht:

		Absoluut verschil.	Relatief verschil.
Aanvangsprikkel 0.15 pCt. ac. acetic. Reactie		0.03	1.2
Deze blijft in het bakje totdat inwerkt 0.18 " " " Reactie			
Deze blijft in het bakje totdat inwerkt 0.21 " " " niets		0.05	1.22
Wederom komt in het bakje 0.18 " " " "			
Daarop volgt 0.23 " " " Reactie		0.07	1.3
Blijft in het bakje totdat inwerkt 0.28 " " " niets			
Wederom in het bakje. . 0.23 " " " "			
Daarop komt 0.3 " " " Reactie			
Blijft in het bakje totdat inwerkt 0.37 " " " niets		0.10	1.33
Wederom in het bakje. . 0.3 " " " "			
Blijft in het bakje totdat inwerkt 0.4 " " " Reactie		0.15	1.35
Blijft in het bakje totdat inwerkt 0.5 " " " niets			
Wederom in het bakje. . 0.4 " " " "			
Blijft in het bakje totdat inwerkt 0.55 " " " Reactie			
Blijft in het bakje totdat inwerkt 0.65 " " " niets		0.13	1.2
Wederom in het bakje. . 0.5 " " " "			
Blijft daarin totdat inwerkt 0.68 " " " Reactie			

De absolute verschillen klimmen dus 0.03, 0.05, 0.07, 0.1, 0.15, 0.13.

De relatieve verschillen daarentegen 1.2, 1.22, 1.3, 1.33, 1.35 en 1.2.

Uit deze reeks van proeven blijkt genoegzaam, dat bij kikkers een onderscheidingsgevoeligheid bestaat, als het reflex-apparaat met chemische prikkels wordt behandeld, maar bovendien blijkt, dat de even merkbare verschillen, die in de reflectorische handeling kenbaar worden, afhangen van de *verhoudingen der prikkelparen*, niet van hun *absolute opklimming*. Ondanks de vele storende invloeden blijkt die relatie zelfs aan zeer enge grenzen gebonden: 1.1 werd als minimum, 1.4 als maximum gevonden ¹⁾. Een zeker merkwaardige overeenkomst tusschen de dieren onderling.

De proeven bewijzen dus, dat het reflex-apparaat van den kikvorsch slechts relaties beoordeelt van de prikkels die het beantwoordt. Het beantwoordt dus aan de wet van WEBER.

Evenals deze voor de drukzin wordt aangetoond, toonde ik het voor het reflex-apparaat aan.

Indien de voelende hand belast wordt met 1 $\mathbb{W}$ belasting, en deze de sensatie van iets zwaars geeft, zal geen verandering in dezen bewustzijnstoestand intreden, al vermeerder ik deze grootheid met $\frac{1}{6}$, $\frac{1}{5}$, $\frac{1}{4}$ $\mathbb{W}$. Op het oogenblik echter dat ik $\frac{1}{3}$ $\mathbb{W}$ toevoeg, bespeur ik een sensatieverandering en ik druk dit uit door te verklaren, dat het gewicht zwaarder is geworden. De prikkelvermeerdering $\frac{1}{6}$, $\frac{1}{5}$ en $\frac{1}{4}$ $\mathbb{W}$ vermochten dus geen verandering in die zenuwelementen aan te brengen, die het bewustzijn beheerschen, wel $\frac{1}{3}$ $\mathbb{W}$. Ga ik nu uit van de sensatie die de zwaarte van 2 $\mathbb{W}$ aan mijn hand mij geeft, dan heb ik een

§ 51. Resultaten. De wet van Weber geldt voor 't reflexapparaat.

¹⁾ De ver afwijkende waarde 1.9 meen ik als waarnemingsfout te mogen aanzien. Zij is slechts eenmaal in deze proeven waargenomen.

vermeerdering van $\frac{2}{3}$ pCt. noodig om een sensatieverandering mij te doen bewust worden.

Het relatieve verschil bij deze gewichtsproeven was dus 1.3.

Aldus voor het kikkerpraeperaat: stel bij een azijnzuursolutie van 0.4 pCt. wordt reflexbeweging verkregen; houd ik nu deze 0.4 pCt. zoo lang in aanraking met den poot, dat het zenuwstelsel in een bepaalden afstompingstoestand komt, dat de prikkel van 0.4 pCt. geen effect meer geeft, dan zullen ook de met 0.4 pCt. om een $\frac{1}{100}$ enz. concentratiegraad verschillende waarden 0.41 pCt., 0.42 pCt., 0.43 pCt. geen effect geven. 0.44 pCt. heeft echter weer reactie ten gevolge. Houd ik nu op met prikkeling, terwijl die afstomping nog niet is ingetreden, dan zullen de geapliceerde prikkels 0.41, 0.42, 0.43 pCt. eenvoudig de door 0.4 pCt. begonnen effectcurve voortzetten en steeds dien toestand weergeven, dien de vorige prikkel heeft nagelaten. Bij 0.44 pCt. zal dan weer een andere omzetting in de zenuwmaterie plaats hebben, tengevolge waarvan een nieuwe curve resulteert. Gaat men bij denzelfden poot over tot prikkeling met 0.7 pCt., dan zal bij 0.77 pCt. pas een hernieuwd effect intreden — in geval van voorafgaande afstomping — of een voortzetting der door den vorigen prikkel begonnen curve zoo geen afstomping heeft plaats, dus bij korten prikkelduur. Het relatief verschil was dan 1.1.

Ik meen dus te mogen besluiten, dat voor zoover met chemische prikkels de absolute gevoeligheidsgrens te benaderen is, de formule van WEBER $\frac{\Delta r}{r} = C$ voor het reflex-apparaat van den kikvorsch geldig is.

Indien het waar is, dat de wet van WEBER geldig is voor het reflex-apparaat van den kikvorsch, dan is de vraag gerechtvaardigd of het mogelijk is de uitbreiding, $\frac{\Delta r}{r} = \Delta s$, die FECHNER aan die wet heeft gegeven, daaraan na te sporen.

§ 52. Toetsing der wet van Fechner.

FECHNER ziet, ik heb dit uitvoerig uiteengezet, in het telkens optreden eener gewaarwordingsverandering niet alleen een gewaarwordingsvermeerdering, maar bovendien een gewaarwordingsvermeerdering, die met onderling gelijk blijvende verschillen opklimt als de prikkels met gelijke verhoudingen stijgen. Maar de bewijsvoering van deze hypothese is, dit spreekt van zelf, voor geen enkele bewustzijnsfunctie, dus ook niet voor de gewaarwording mogelijk. A priori is het echter niet onmogelijk om een experimentum crucis aan ons reflex-apparaat te realiseeren. Het komt er maar op aan een maatstaf te hebben, waaraan bij vergelijking der curve haar intensiteit kan worden afgelezen.

Wanneer mijn meening juist is, dat ik in de boven vermelde points de *répère* genoegzaam vertrouwbare gegevens bezit, om de sterkte der geschreven curven met elkander te vergelijken, dan is de vraag op te lossen of de wet van FECHNER voor het reflexapparaat van den kikvorsch geldt.

Drie wegen zijn daartoe aangewezen:

§ 53. Wijze waarop dit mogelijk is.

1e. Laat men een reeks prikkels, die met gelijke rekenkundige verschillen opklimmen, inwerken dan zal, als de wet van FECHNER geldt, het apparaat hen beantwoorden met een reeks effecten, aangroeiend als een reeks logarithmen, welke behooren bij een reeks van getallen, die met een gelijk rekenkundig verschil omhoog gaan.

2e. Laat men een reeks prikkels, die in meetkunstige reeks opklimmen, inwerken, dan zal het apparaat antwoorden met effecten, aangroeiend volgens een lijn, die de eigenschap heeft, dat haar ordinaten (zoo de prikkelscala de abscis voorstelt) met gelijke verschillen opklimmen.

3e. Laat men drie prikkels inwerken, die onderling in dezelfde verhouding staan, dan zal volgens WUNDT, als de wet van FECHNER geldt, het apparaat moeten antwoorden, met effecten, die met onderlinge gelijke arithmetische waarden opklimmen.

Ik heb mij veel moeite gegeven om deze proeven te verrichten, en wensch in de eerste plaats te bespreken, hoe ik de effecten heb gemeten.

§ 54. Inhoudsbepaling der gevonden curven.

Zoowel bij curven, die met zeer kleinen uitslag geschreven waren door het transmissie-myographion, als bij die, welke het directe kymographion schreef, heb ik dit beproefd. Na inwerking van den prikkel schreef de naald een reeks heffingen, die weldra in elkander werden gedrongen, gelijk ik boven uiteenzette. In de meerderheid der gevallen, was dus het verkregen effect een kromme lijn, die zich verhief boven de nullijn, en door het aantal toppen, het aantal verrichtte heffingen verried. Eerst als contractuurvorming daarevens plaats vond, of als de heffingen geïsoleerd voorkwamen, stond ik aan onnauwkeurigheden bloot. Overigens mocht de inhoud van de figuur tusschen de nullijn en de geschreven curve, als een functie van den gedanen arbeid worden aangezien. Het aantal toppen gaf het aantal heffingen.

De secundenteller gaf den duur van de inwerking

aan. De arbeid kan dus per secunde en per heffing berekend worden.

Om den inhoud der curve te bepalen, volgde ik 3 wijzen.

De eerste was, dat ik op elke secunde onderbreking, die de abscis verdeelde, een loodlijn oprichtte. Daardoor verdeelde ik, de figuur in een aantal rechthoeken, die in de gekronkelde toplijn en in de abscis hun kleine, aan een secunde lengte beantwoordende, zijde hadden. Deze rechthoeken steken nu eens buiten de toplijn uit, dan weer laten zij een stuk binnen de te meten figuur vrij, maar te samen vormen zij een benaderde waarde voor de te meten figuur. Practisch komt de methode hierop neer, dat men een lineaal telkens, bij iedere secunde, loodrecht op de abscis zet en de afstanden waar deze lineaal de toplijn snijdt, bij elkander telt. Deze methode is niet nauwkeurig.

De tweede manier was, dat ik de figuren uitknipte en woog.

Ook deze is minder nauwkeurig omdat het cylinderpapier niet overal even dik en niet overal gelijkmatig beroet is, ook waren de uitslagen vaak zoo dun, dat een zone papier noodzakelijker wijze met 't uitknippen moest medegenomen worden.

De derde manier was, dat ik met behulp van den Polar-Planimeter den inhoud der curve bepaalde. Ik maakte daartoe gebruik van het bekende instrument van AMSLER LAFFON, mij met groote welwillendheid door den Chef Werktuigkundige van het Bureau der Nederl. Fabriek van Werkt. en Spoorwegmat., den Heer C. HOLST en door den Ingenieur VAN ETTEN verstrekt — waarvoor ik dien Heeren mijn oprechten dank betuig.

Dit Instrument, ¹⁾ dat gebruikt wordt om inhoudsbepalingen van arbeidsdiagrammen te doen, kan bij de inhoudsopname van samengestelde curven eveneens groote diensten bewijzen. Met het instrument, dat ter mijner beschikking stond, konden zeer kleine curven uitgemeten worden. Ongetwijfeld sluipen ook hier fouten binnen, doch zij zijn t. o. van die bij toepassing der andere methoden gemaakt, verre in de minderheid.

§ 55. Experimenten met den transmissie-myograaf en inhoudsbepaling der curve volgens de eerste methode bij arithmetisch klimmende prikkels.

De eerste inderdaad onnauwkeurige methode gaf reeds dadelijk, tegenover het groot aantal fouten, waaraan ik blootstond, resultaten, die mij verrasten. Enkele zal ik er meedeelen.

PROEF.

5. I. 97. *Rana temporaria*. Versch. Transmissie-myographion, zeer kleine heffingen.

No.	Tijd.	Sterkte.	Duur.	Aantal heffingen.	Inhoud.	Inh. per sec.	Inh. per heffing.	Aantal heffingen p. sec.
I.	12 u. 15'	0.06 pCt. Ac. Ac.	52 sec.	1	1	0.02	1	0.02
II.	12 u. 20'	0.07 » »	57 »	2	2.5	0.04	1.25	0.034
III.	12 u. 25'	0.08 » »	84 »	5	3.5	0.04	0.7	0.059
IV.	12 u. 34'	0.09 » »	102 »	13	12.5	0.12	0.97	0.127
V.	12 u. 40'	0.1 » »	49 »	11	17.50	0.36	1.59	0.224
VI.	12 u. 47'	0.11 » »	62 »	4	4.5	0.08	1.1	0.062
VII.	12 u. 52'	0.12 » »	112 »	34	79	0.7	2.32	0.303
VIII.	1 u. 8'	0.13 » »	73 »	26	57.5	0.78	2.21	0.355
IX.	1 u. 14'	0.14 » »	88 »	38	86	0.97	2.26	0.43
X.	1 u. 20'	0.15 » »	114 »	35	72	0.63	2.06	0.307
XI.	1 u. 28'	0.16 » »	130 »	53	146	1.12	2.75	0.407
XII.	1 u. 38'	0.17 » »	120 »	53	127.5	1.07	2.04	0.441
XIII.	1 u. 45'	0.18 » »	127 »	68	158.7	1.24	2.33	0.535
XIV.	1 u. 55'	0.19 » »	122 »	69	151	1.24	2.18	0.565
XV.	2 u. 5'	0.2 » »	136 »	75	182.5	1.34	2.43	0.551
XVI.	2 u. 15'	0.21 » »	141 »	75	188	1.35	2.50	0.532
XVII.	2 u. 25'	0.22 » »	118 »	73	131	1.04	1.66	0.58
XVIII.	2 u. 35'	0.23 » »	125 »	82	197.5	1.58	2.40	0.656

¹⁾ De Beschrijving van het toestel met een korte verklaring van het princip, waarop het berust geeft Cyon Methodik der Phys. Exper. u. Vivisect p. 123 en 124.

No.	Tijd.	Sterkte.	Duur.	Aantal heffingen.	Inhoud.	Inh. per sec.	Inh. per heffing.	Aantal heffingen p. sec.
XIX.	2 u. 45'	0.24	pCt. Ac. Ac. 112 sec.	77	179	1.6	2.32	0.762
XX.	2 u. 55'	0.25	» » 137 »	95	202	1.47	2.13	0.692
XXI.	3 u. 5'	0.26	» » 120 »	86	191	1.59	2.22	0.716
XXII.	3 u. 15'	0.27	» » 108 »	85	196	1.81	2.30	0.787
XXIII.	3 u. 25'	0.28	» » 118 »	93	202.5	1.71	2.17	0.788
XXIV.	3 u. 35'	0.29	» » 114 »	83	198.5	1.74	2.39	0.728
XXV.	3 u. 45'	0.3	» » 102 »	72	160	1.59	2.36	0.706
XXVI.	3 u. 55'	0.31	» » 97 »	77	188	1.93	2.44	0.814
XXVII.	4 u. 5'	0.32	» » 100 »	78	202	2.02	2.74	0.780
XXVIII.	4 u. 15'	0.33	» » 88 »	66	145.5	1.65	2.20	0.761
XXIX.	4 u. 25'	0.34	» » 87 »	72	159	1.82	2.15	0.827
XXX.	4 u. 35'	0.35	» » 87 »	73	158	1.82	2.15	0.827
XXXI.	4 u. 45'	0.36	» » 81 »	70	166	2.05	2.35	0.864
XXXII.	4 u. 55'	0.37	» » 93 »	67	164	1.76	2.45	0.722
XXXIII.	5 u. 5'	0.38	» » 85 »	67	179.5	2.11	2.67	0.788

PROEF.

12. I. 97. Rana temp. Versch praeparaat. Prikkel azijnzuursoluties in rekenkunstige reeks opvolgend.

Inrichting als in vorige proef. Transmissie-myographion.

No.	Tijd.	Sterkte.	Duur.	Aantal heffingen.	Inhoud.	Inhoud p. sec.	Inhoud p. heff.
I.	1 u. 45'	0.17	pCt. Ac. Ac. 68 sec.	1	1.5	0.023	1.5
II.	1 u. 50'	0.2	» » 52 »	1	2.5	0.048	2.5
III.	1 u. 55'	0.23	» » 89 »	5	10.5	0.131	2.1
IV.	2 u. 1'	0.25	» » 86 »	18	25.5	0.295	1.4
V.	2 u. 6'	0.26	» » 88 »	9	16	0.182	1.8
VI.	2 u. 10'	0.27	» » 106 »	23	54	0.509	2.3
VII.	2 u. 18'	0.28	» » 62 »	16	32	0.516	2
VIII.	2 u. 23'	0.29	» » 85 »	30	68	0.800	2.3
IX.	2 u. 28'	0.3	» » 78 »	15	43.5	0.557	2.8
X.	2 u. 36'	0.31	» » 96 »	39	65	0.676	1.7
XI.	2 u. 42'	0.32	» » 100 »	33	81.5	0.815	2.4
XII.	2 u. 48'	0.33	» » 100 »	30	120.5	1.20	4
XIII.	2 u. 54'	0.34	» » 93 »	28	84	0.903	3
XIV.	3 u. 10'	0.36	» » 100 »	34	101.5	1.015	3
XV.	3 u. 17'	0.37	» » 94 »	35	97.5	1.04	2.8
XVI.	3 u. 24'	0.38	» » 97 »	38	122	1.26	3.2
XVII.	3 u. 28'	0.39	» » 81 »	33	108.5	1.34	3.2
XVIII.	3 u. 38'	0.40	» » 87 »	42	89.5	1.03	2.2
XIX.	3 u. 45'	0.42	» » 91 »	38	109	1.2	2.9
XX.	3 u. 54'	0.43	» » 81 »	34	100	1.23	3
XXI.	4 u. 5'	0.44	» » 103 »	50	135	1.24	2.7
XXII.	4 u. 15'	0.45	» » 102 »	45	124.5	1.22	3

§ 56. Be-
teekenis der
gevonden cij-
fers.

Vraagt men wat deze cijfers beduiden, dan is het antwoord het volgende: Onder hoogst ongunstige voorwaarden werd een intensiteitsbepaling gedaan der effecten van het reflex-apparaat, bij telkens klimmenden prikkel.

Elk dezer intensiteitsbepalingen is een schatting, die elk voor zich afwijken moet van de ware intensiteitswaarde. Indien men het kikkerpraeparaat en de prikkels als bekende en experimenteel geheel te beheerschen grootheden beschouwt, rest de niet boven bedenking verheven wijze van intensiteitsschatting. Deze wordt bepaald uit den inhoud der geschreven curve, waardoor een fout wordt ingevoerd — immers de inhoud der curve zelf wordt niet geheel juist gemeten. Zet men dan de aldus gevonden waarden als ordinaten uit op een abscis der prikkelsterkten, dan worden er als 't ware onjuiste worpen gedaan naar de juiste lijn en deze zullen nu eens te groot, dan weer te klein uitvallen.

De gezochte lijn zal dus tusschen deze waarden in gelegen zijn, en als men bijv. voor proef I uitrekent, hoe haar ordinaten opklimmen, dan vindt men als

Gemidd. waarde van de opklimming van N ^o .						Verschillen.	
					I—V	= 0.05	} 53
»	»	»	»	»	V—X	= 0.58	
»	»	»	»	»	X—XV	= 1.06	} 48
»	»	»	»	»	XV—XX	= 1.38	
»	»	»	»	»	XX—XXV	= 1.66	} 28
»	»	»	»	»	XXV—XXX	= 1.80	
»	»	»	»	»	XXX—XXXIV	= 1.93	} 14
»	»	»	»	»			
»	»	»	»	»			} 13
»	»	»	»	»			

Het is dus duidelijk, dat volgens de berekening der gemiddelde waarden, de ordinaten steeds langzamer klimmen, naarmate de prikkel sterker wordt. En nog fraaier is dit zichtbaar als men van deze beide proeven

een graphische voorstelling ontwerpt, gelijk dit in Fig. 2 en 3 van Tabel III is voorgesteld.

Hetzelfde geldt in de II^{de} proef, waar

de gemiddelde waarde van				Inhoud per sec.	Vershillen.
		I—III	bedraagt	0.06	40
»	»	III—VIII	»	0.46	
„	„	VIII—XIII	»	0.83	37
„	„	XIII—XVIII	»	1.14	31
»	»	XVIII—XXII	»	1.22	8

De beide graphische voorstellingen vertoonen dus, als ordinaten uitgezet, de effecten, door prikkels te weeg gebracht die met gelijke rekenkundige trappen opklimmen.

Tusschen deze punten is een lijn te trekken, die zonder twijfel een eigenschap heeft, welke ook de logarithmische lijn bezit, namelijk om met steeds kleiner wordende verschillen te stijgen.

§ 57. Resultaat.

Als men bedenkt, de ongunstige voorwaarden waaronder deze lijn verkregen werd, en hoeveel fouten bij de berekening in moesten sluipen, dan mag dit resultaat verrassend genoeg heeten. Stellig zal het dus de moeite loonen, om nauwkeuriger, met een direct myographion en bij zoo juist mogelijke uitmeting van den inhoud der curve, de gevonden voorloopige resultaten te controleeren en aan te vullen.

Het lag voor de hand, dat dit nauwkeuriger zou kunnen plaats vinden, door de prikkels in een geometrische verhouding te doen opklimmen. Ik wensch slechts één enkele uit de vele proeven meê te deelen.

§ 58. Experiment volgens de 2de methode bij relatief stijgende prikkels.

Van de curven, die den arbeid van den kikker voorstellen, geschreven onder den prikkel van azijnsoluties, die met gelijke verhoudingsverschillen op-

klimmen, heb ik er eene op Tabel II gereproduceerd. De lezer kan zich dan tevens een denkbeeld vormen van de wijze, waarop het sterkere effect als antwoord op den sterkeren prikkel door den kikkerpoot geschreven wordt. Hij ziet dan tevens voor oogen, hoe de schrijfwijze verandert onder de verschillend ingrijpende momenten; hij ziet het hooger worden der afzonderlijke heffingen, het kleiner worden der intervallen, het smelten der tetani, het langzamerhand verloren gaan van 't getande beeld der samengestelde heffingen.

In fig. I is de voorslag uit drie tanden bestaande, sterk gemarkeerd. Daarop volgen een negental heffingen met ongelijke toppen.

Fig. II, door een sterkeren prikkel opgewekt, vertoont weer denzelfden voorslag met zijn drie tanden, doch hij is volumineuser geworden en er is een vierde tand bijgekomen. De volgende heffingen zijn dichter bijeengeschoven, zij zijn minder in aantal maar hooger en breeder: uit 't feit dat zij reeds beginnen samen te smelten, vóór zij den voet weer bereikt hebben, volgt, dat de impuls-intervallen reeds kleiner geworden zijn.

Fig. III geeft weer een volumineuser voorslag van vier tanden. De dalende lijn bereikt de abscis niet meer. De overige heffingen zijn niet hooger dan de analoge van Fig. III, doch dichter bij elkaar: op 't einde begint zich weer een saamgestelde tetanus te ontwikkelen.

Fig. IV geeft niet zoo duidelijk het stijgend sterkte-karakter weer; wat ook bij de berekening zal blijken.

Fig. V bestaat uit hooge volumineuse saamvermolten tetani. Het duidelijk beeld van den voorslag is te loor gegaan; men ziet aan de trapvorming hoe de versmelting in de opgaande lijn plaats heeft.

Fig. VI. De groote tetani van Fig. V worden hooger, ook zij schuiven naar elkaar toe.

Fig. VII begint met een grooten tetanus, die nauwelijks getand is. Daarop volgen hooge, dicht op elkaar geschreven min of meer breede heffingen.

Het zal den lezer thans duidelijk zijn hoe moeilijk het is met één maatstaf de verschillende curven af te meten. Let men bijv. op de allereerste heffing, dan ziet men hoe deze aanvankelijk gelijkmatig stijgt (Fig. I, II, III); hoe zij bij Fig. IV door een tweeden impuls getroffen wordt en met een trap naar boven klimt, hoe allengs bij Fig. V, VI en VII meerdere trappen zich daarbij voegen, zoodat in Fig. VII de maximumhoogte bereikt wordt; de stijging in IV, V, VI en VII is echter veel minder dan bij I, II, III en IV. De aanvangsheffing van alle curven vormt dus een langzaam stijgende lijn.

Om daarom een voorstelling van den verrichtten arbeid te krijgen, werd deze curve op linnenpapier, waarvan ik mij eerst door zorgvuldige weging van gelijke stukken overtuigd had, dat het overal even dik was, overgetrokken. De overgetrokken stukken werden uitgeknipt en gewogen. Daar echter door de moeilijkheid van 't overtrekken der vaak dunne uitslagen veel fouten gemaakt werden, zoo heb ik op de tweede plaats getracht met den vroeger genoemden Polar-Planimeter van AMSLER-LAFFON de oppervlakte van de geheele geschreven curve te meten.

Aldus verduidelijkt, kan ik het volgende experiment meedeelen.

PROEF.

7. VII. 97. *Rana tempor.* Direct myographion. Duur der prikkeling 25 sec. Na elke inwerking 10' rust. De prikkels klimmen verhoudingsgewijze op.

T. kamer.

	Sterkte azijnzuur sol.	Prikkel- tijd.	Rela- tief ver- schil.	Abso- luut ver- schil.	Gewicht curve.	Absol. verschil der ge- wich- ten.	Opperv- vlak m. Planimeter in mM ² .	Absol. verschil der op- per- vlakke.	$\frac{g^n - g'}{p^n - p'}$ log.
I.	0.25 pCt.	25 T.E.			13 mG.		46.4		
II.	0.31 »	25 »	1.24	0.6	22 »	9	182.7	136.3	1460
III.	0.39 »	25 »	1.25	0.8	38 »	16	321.9	139.2	1420
IV.	0.48 »	25 »	1.23	0.9	48 »	10	377	55.1	1160
V.	0.6 »	25 »	1.25	0.12	57 »	9	519.1	142.1	1240
VI.	0.75 »	25 »	1.25	0.15	73 »	16	658.3	139.2	1280
VII.	0.93 »	25 »	1.24	0.18	89 »	16	800.4	142.1	1320

Van dit experiment is de waarde naar 't mij voor-
komt groot. Ik vergelijk onderling gelijke deelen van
onder verschillende prikkels geschreven intensiteits-
curven. De arbeid wordt bepaald door weging zoowel
als door oppervlakte-berekening, met behulp van den
planimeter.

In de 5^{de} rij vindt men de gewichten der op linnen-
papier uitgeknipte curvendeelen. Ik had mij te voren,
zooals gezegd, overtuigd, door gewichtsvergelijking van
gelijke uitgeknipte stukken, dat 't papier overal even
dik was. Toch slopen fouten binnen, die vooral aan
de effecten bij 0.25 en 0.31 pCt. geschreven, duidelijk
uitkwamen en toegeschreven moesten worden aan de
papierzone, die bij 't uitknippen om den dunnen uitslag
bleef hangen.

Rubriek V toont de gewichtsverschillen der uitge-
knipte curven.

Rubriek VII bevat het planimetrisch bepaalde opper-
vlak. Ook hierin slopen fouten; zij zijn echter veel
geringer dan die bij de gewichtsbepaling.

Rubriek VIII toont de inhoudsverschillen der gemeten curven; behalve tusschen prikkel III en IV is de gelijkheid van het verschil in 't oog vallend.

Direct aan de wet van FECHNER getoetst, zijn de resultaten in rij 9 medegedeeld. Zij behoeven echter toelichting.

§ 59. Berekening der curven.

Uit de eenvoudige mathematische deductie op pag. 32 van de wet van FECHNER gegeven, volgt:

Dat een gewaarwording g_n kan gelijk gesteld worden aan den logar. van den bijbehorenden prikkel p_n , uitgedrukt in de kleinst mogelijke prikkelwaarde p , waarbij nog gewaarwording ontstaat vermenigvuldigd met de konstante k

$$\text{of } g_n = k \log. \frac{p_n}{p}.$$

Is echter de aanvangsprikkel p niet een zeer kleine maar een grootere waarde, dan moet de gewaarwording, die bij dien aanvangsprikkel ontstaat, wel degelijk ingevoerd worden en de formule luidt

$$g_n = k \log. \frac{p_n}{p} + g$$

g is dan de gewaarwording behoorend bij p .

Nu heb ik reeds betoogd, terzelfder plaatse, dat de constante $k = \frac{d}{\log. (1+\alpha)}$, de verhouding beduidt tusschen de gewaarwording vermeerdering en den log. van het relatieve prikkelverschil. Deze verhouding moet dus voor al onze prikkels en gewaarwordingen constant zijn, wil de wet van WEBER-FECHNER waarheid bevatten.

Voor elk onzer effectcurven, dus moet

$$\frac{g_n - g}{\log. \frac{p_n}{p}} \text{ een constante waarde hebben:}$$

Nu is $\frac{p_n}{p} = 1, 1.24, 1.56, 1.92, 2.4, 3, 3.72$

en $\log. \frac{p_n}{p} = 0.09342, 0.19312, 0.2833, 0.38021, 0.47712, 0.57054$

welke waarden invoerende, wij vinden voor curve :

$$\begin{aligned} \text{II. } & \frac{182.7 - 46.4}{\log. 1.24} = \frac{136.3}{0.093} = 1460. \\ \text{III. } & \frac{321.9 - 46.4}{\log. 1.65} = \frac{275.5}{0.193} = 1420. \\ \text{IV. } & \frac{377 - 46.4}{\log. 1.92} = \frac{330.6}{0.283} = 1160. \\ \text{V. } & \frac{519.1 - 46.4}{\log. 2.4} = \frac{472.7}{0.380} = 1240. \\ \text{VI. } & \frac{658.3 - 46.4}{\log. 3} = \frac{611.90}{0.477} = 1280. \\ \text{VII. } & \frac{800.3 - 46.4}{\log. 3.72} = \frac{753.9}{0.570} = 1320. \end{aligned}$$

zoo dat de gemiddelde waarde voor $k = 1310$ is.

§ 60. Resultaat.

Men ziet dus hoe voor iedere door 't reflexapparaat geschreven arbeidscurve, de verhouding tusschen het geschreven effect verminderd met het effect van den aanvangsprikkel — en den logar. van het quotient van den prikkel, waarbij de curve geschreven is en den aanvangsprikkel, eenzelfde grootheid is: hetgeen de wet van FECHNER eischt.

Langs dezen weg, meen ik, is dus de geldigheid der wet van FECHNER aangetoond met eene waarschijnlijkheid meer dan ik, met het oog op de bronnen van fouten, waaraan ik bloot stond, had durven verwachten. Fig. 1 Tabel III toont de graphische voorstelling der inhoudsbepalingen in de gestippelde lijn; daarboven loopt de lijn der gewichten van uitgeknipte stukken; op de abscis zijn de prikkels, op den ordinaat gewichten en oppervlakten uitgezet.

Als derde wijze van toetsing nam ik de methode der gemiddelde schattingen, door WUNDT voorgesteld.

Deze geschiedt eenvoudig aldus, dat men drie met relatieve verschillen opklimmende prikkels laat opklimmen en nagaat of de effecten ongeveer waarden vertegenwoordigen, die dichter bij een arithmetische dan bij een geometrische verhouding komen.

Zij E_1 E_2 E_3 drie prikkeffecten dan wordt gepostuleerd dat:

$$E_2 = \frac{E_1 + E_3}{2} \text{ zij.}$$

Ook kan deze methode aldus gevariëerd worden, dat men twee prikkels met een matig groot verschil in een bepaald deel der prikkelscala hun effecten laat opschrijven en dan in een ander deel der scala twee prikkels opzoekt met hetzelfde *relatieve* verschil en dan hun effecten vergelijkt bv.

$$\text{Zij } \frac{P_2}{P_1} = \frac{P_q}{P_p} \text{ dan zullen}$$

$$E_2 - E_1 = E_q - E_p \text{ zijn.}$$

De effectcurven worden weer planimetrisch nagemeten, soms gewogen.

Eenige waarnemingen mogen hier volgen:

PROEF I $\frac{5}{v}$.

Isot. geschreven. Groote ran. esc. T. kamer. Pauze een paar minuten.

Prikkelsterkte.	Relat. verschil.	Prikkeltijd.	Inhoud cm^2 .	Vershil.
0.65 pCt. ac. acet. sol. }	1.3	30''	20.3	7.7
0.84 » » » » }		30''	28	
0.11 » » » » }	1.3	30''	36.2	8.2

PROEF II $\frac{9}{v}$.

Isot. curve. Groote ran. esc. T. kamer. Pauze 1 à 2 minuten.

Prikkelsterkte.	Prikkeltijd.	Relat. verschil.	Inhoud in cm^2 .	Vershil.
0.5 pCt. }	30''	1.3	40	13.2
0.65 » }	30''		53.2	
0.84 » }	30''		81.35	
1.1 » }	30''		93.5	

PROEF III.

Isot. curve met overdracht. Ran. esc. klein. T. kamer. Pauze als voren.				
Prikkelsterkte.	Prikkeltijd.	Relat. verschil.	Inhoud in cM ² .	Vershil.
0.1 pCt.	25''	2	9.35	3.15
0.2 »	25''		12.5	
0.4 »	25''		17.15	
0.8 »	25''		21.35	

PROEF IV.

Isot. curve met overdracht. Ran. esc. T. kamer. Pauze als voren.				
Prikkelsterkte.	Prikkeltijd.	Relat. verschil.	Inhoud in cM ² .	Vershil.
0.2 pCt.	30''	2	12.3	8.6
0.4 »	30''		20.9	
0.8 »	30''		31.5	

PROEF V.

Isot. curve met overdracht. Ran. esc. T. kamer. Pauze als voren.				
Prikkelsterkte.	Prikkeltijd.	Relat. verschil.	Inhoud in cM ² .	Vershil.
0.1 pCt.	30''	2	6	3.5
0.2 »	30''		9.5	
0.4 »	30''		16.5	
0.8 »	30''		20	

PROEF VI.

Isot. curve. Ran. esc. T. kamer. Pauze 4 min. afdalend geschreven.				
Prikkelsterkte.	Prikkeltijd.	Relat. verschil.	Inhoud in cM ² .	Vershil.
0.9 pCt.	40''	1.2	47.4	6.65
0.7 »	40''		40.85	
0.55 »	40''		36.5	

PROEF VII.

Isot. curve met overdracht geschreven, kleine rana esc. T. kamer.
Pauze 1 à 2 min.

Prikkelsterkte.	Prikkeltijd.	Relat. verschil.	Gewicht der uitgeknipte curvedeelen.	Vershil der gewichten.
0.3 pCt.	15''	1.3	13 mG.	15
0.4 »	15''		28 »	
0.6 »	15''		38 »	
0.8 »	15''	1.3	49 »	11

PROEF VIII.

Isot. curve, zonder overdracht. Rana ex. T. kamer. 1 à 2 min. pauze.

Prikkelsterkte.	Prikkeltijd.	Relatief verschil.	Gewicht der curve-deelen.	Vershil.
0.51 pCt.	30" }	1.4	284 mG. }	41 mG.
0.7 »	30" }		325 » }	
0.98 »	30" }	1.4	382 » }	57 »

Ik wil de beteekenis dezer laatste serie proeven niet overschatten. Men diene steeds bij de beoordeeling der cijfers, die het verschil der effecten aangeven, te bedenken, hoeveel grooter dit had moeten zijn, wanneer de prikkels en effecten in recht evenredige verhouding tot elkaar stonden.

Ten einde dit duidelijk te doen uitkomen, plaats ik de gevonden cijfers naast die, welke geëischt zouden worden, zoo rechte evenredigheid bestond. Daarbij voeg ik een tabel die de bestemde waarden aangeeft, indien volgens de methode der gemiddelde schattingen

$$\frac{E_1 + E_3}{2} = E_2 \text{ was.}$$

§ 62. Resultaat.

Gevonden waarden.				Berekend als $\frac{P_1}{P_2} = \frac{E_1}{E_2}$ enz.				Berekend als $\frac{E_1 + E_3}{2} = E_2$.			
Proef	I.	20.3	28 36.2	20.3	26.3	34.1		20.3	28	35.7	
»	II.	40	53.2 81.35 93.5	40	52	67.6 87.1	40	53.2	66.2	79.2	
»	III.	9.35	12.5 17.15 21.35	9.35	18.7	37.4 74.8	9.35	12.5	15.65	18.8	
»	IV.	12.3	20.9 31.5	12.3	24.6	49.2	12.3	20.9	29.5		
»	V.	6	9.5 16.5 20	6	12	24 48	6	9.5	13	16.5	
»	VI.	47.4	40.85 36.5	47.4	39.5	32.9	47.4	40.8		34.2	
»	VII.	13	28—38 49	13	16.9—38	49.4	13	28—38		53	
»	VIII.	284	325 382	284	397	556	284	325	366		

EDUARD HENDRIK WEBER noemt de intermitterende beweging, die reflectorisch geprikkelde ledematen maken, een soort van sisypusarbeid. »Nahe dem Ziele (der Auslösung eines kraftigen Reflexes) ermattet die

§ 63. Mechanische voorstelling van 't verloop der curve.

Kraft und die gethane Arbeit wird vergeblich, sie muss von Neuem begonnen werden. Das scheint mir den moment der Auslösung zu bezeichnen. Eine einfache oder complexe Auslösung erschöpft den vorhandenen Vorrat" ¹⁾).

In deze woorden geeft WEBER inderdaad uitnemend den indruk weder, die elkeen krijgt, die zich met de studie van het reflexapparaat en zijn uitingen bezig houdt. 't Is of het geheele complex van effecten, zoo wel die, welke ontstaan als antwoord op een enkelen inductieslag, als op een opeenvolging van inductieslagen, zich terug laat brengen tot een krachtig pogen om een zekeren weerstand te overwinnen.

Ook op mij maakte het geheele proces, dat afspeelt wanneer een reflexapparaat door zuursoluties van verschillende concentratiegraden geprikkeld wordt, een indruk, waarvan ik in de volgende bladzijden zal trachten een ruwe voorstelling te geven.

Eerst dienen nog even geresumeerd de karaktertrekken, die de onder verschillende prikkels geschreven curven kenmerkten, ten einde daarop onze voorstelling toe te passen.

a. *Een zwakke prikkel* wordt beantwoord door een vrij langdurige reeks heffingen, die aanvankelijk, nagenoeg even hoog, elkander met ongelijke intervallen opvolgen; ten slotte echter houden deze uitslagen onder vergroo-ting van 't onderlinge interval en onder gaandeweg kleiner worden hunner hefhoogte, vrij plotseling op. Het stuk eener dergelijke curve vertoont Tab. I fig. 2; zoo deze nog verder was afgedrukt zou men haar allengs

¹⁾ Art. Muskelbewegung, WAGNER's Handwörterbuch der Phys. Bd. III, Abth. II, blz. 19.

onder steeds afnemende hefhoogte en aangroeiend interval tusschen de heffingen, zien eindigen.

Allerzwakste prikkels, die even de prikkelgrens overschrijden, geven gedurende den ganschen prikkel-tijd maar een paar uitslagen, op vrij groote intervallen staande.

b. Matig sterke prikkels worden door heffingen gevolgd, die elkander in een sneller tempo opvolgen.

Bij de meer zwakke prikkels dezer reeks ziet men vaak, nadat een aantal langzaam stijgende heffingen in vrij snel tempo zijn voorafgegaan, in het midden der groep reeds lichte versmeltingsverschijnselen intreden, die daarna weer in vrij regelmatig dalende heffingen worden opgelost. Fig. 1 vertoont een dergelijk gelijkmatig aanzwellende en afnemende reeks uitslagen.

Zulk een lawine, als men het zoo noemen mag, wordt dan na een langer interval gevolgd door een tweede, die minder volumineus en minder hoog is, soms door een derde, en ten slotte door een aantal even hooge, in gelijke intervallen elkaar opvolgende heffingen.

De sterkere prikkels dezer reeks openen de curve reeds dadelijk met een vrij grooten versmeltenden tetanus, die dan vrij spoedig in min of meer groepsgewijze bij elkaar staande afzonderlijke heffingen opgelost wordt. Tabel II vertoont zulke vormen.

c. Zeer sterke prikkels verwekken reeds dadelijk een groote tetanische contractie, die zich dadelijk hoog boven de abscis verheft, na eenigen tijd terugvalt, om dan na langen tijd door een tweede dergelijken maar kleineren tetanus gevolgd te worden, soms door een derde.

Is de prikkel buitengemeen sterk, dan schrijft de

kikkerpoot hoog boven de nullijn een evenwijdig aan de abscis verloopende rechte lijn, en keert na eenigen tijd in den gestrekten stand terug, om niet weer opgeheven te worden.

Ten einde een ruwe voorstelling te maken van het mechanisme, dat zich in het centrale zeuwstelsel afspeelt, ontleed ik de elementen, waarmede ik te rekenen heb op de volgende wijze:

1. De continue prikkel kan ik mij voorstellen met BAXT, STIRLING, BERNSTEIN e. a. als een groot aantal stooten, die elkander in oneindig kleine intervallen opvolgen. De intensiteit van den stoot denk ik mij toe te nemen met den concentratiegraad van de zuursolutie.

2. De werkzame zenuwmaterie in de cel stel ik mij voor als een elastische massa, die ingedrukt kan worden, doch naar één zijde kan uitwijken. Duidelijker kan ik mij dit denken door haar met een slingerbol te vergelijken, die onder de aandringende stooten naar één kant uit haar evenwichtsstand kan gedreven worden.

Niet de afzonderlijke stoot, maar de summatie van een groot aantal stooten vermogen, even als bij den slinger, het molecule uit zijn evenwichtsstand te verplaatsen. Hoe sterker de prikkel, hoe minder stooten zich te zamen moeten voegen tot één werkzame energie, hoe korter dus de duur tusschen den aangreep des prikkels en het intreden van effect.

Iedere verwijdering uit den evenwichtsstand wordt als impuls door de spier waargenomen en door een min of meer groote heffing beantwoordt. Blijft de slingerende bol gedurende eenigen tijd uit zijn evenwichtsstand staan, dan verkeert de spier in tetanus.

3. De verplaatsing uit dien stand wordt, omdat zij

de oorzaak der spierheffing is, op hare beurt weer de reden, dat dit bolletje arbeid verricht en zwaarder wordt, waarbij geheel in het midden zij gelaten of overlading met stofwisselingsproducten, verbinding met zuurstof of welke chemische verandering ook, als oorzaak hiervan gedacht wordt.

Het is om een mechanisch probleem mogelijk te maken, dat ik den verrichten arbeid in de vermeerdering der massa van 't molecuul omzet.

Omgekeerd kan door de stofwisseling in de cel, als deze tot rust gekomen is, het bolletje weer worden verkleind. Wil men een plastisch voorbeeld, dan kan men zich bijv. de volgende vergelijking veroorlooven.

Het zwaarder worden, door den arbeid, van het bolletje geschiedt evenals bij een sneeuwbal, die telkens al rollende meer sneeuw vergaart en daarna bij ligging weer afsmelt.

't Is duidelijk dat het slingerend bolletje als het op zijn hoogste punt uit den evenwichtstoestand gekomen is, om twee redenen aan potentiële energie heeft gewonnen, vooreerst door zijn verplaatsing uit den ruststand en voorts door zijn gewichtsvermeerdering, opgedaan gedurende de slinging.

In dezen gedachtengang dan, mag een zwakke prikkel worden gelijk gesteld met een reeks zeer weinig intense stooten die ieder voor zich het slingerbolletje niet vermogen te verplaatsen. De summatie van deze stooten tot een werkzame energie zal vele afzonderlijke stooten omvatten, de tijd daartoe zal vrij lang duren. Is nu het bolletje na een summeering van zeer zwakke prikkels uit zijn evenwichtsstand gedreven, dan zal het niet *tijdens de slinging* door

een nieuwe, zich tot een werkzame stoot summee-rende groep getroffen worden, maar *dan pas*, als 't weer in den evenwichtsstand is teruggekeerd. Is een nieuwe summeering ingetreden, dan is een nieuwe gang uit den ruststand het gevolg. Dit spel zou nu geruimen tijd door kunnen gaan en iedere slingering uit den evenwichtsstand zou als impuls de spier bereiken, want de arbeid die verricht wordt door de geringe verplaatsing, is zoo gering, dat het zwaarder worden van 't bolletje onmiddellijk door de stofwisseling gecompenseerd wordt. Dit gaat echter maar tot zekere hoogte, want langzamerhand blijft een niet afgesmolten residu aan 't bolletje hangen. In dit geval kan dezelfde prikkel het bolletje steeds moeilijker uit zijn evenwichtsstand brengen. Er zijn daartoe langere summeeringen van dezelfde stooten noodig. Gaandeweg worden gevolgelyk daaraan de amplituden van den slinger kleiner en kleiner, dus de spierheffingen lager; verder nemen de summeeringen meer tusschentijd in beslag, dus de intervallen tusschen de heffingen worden grooter. Ten slotte is geen verplaatsing mogelijk. De prikkel heeft uitgewerkt. Het praeparaat, zeggen wij, is voor dien prikkel afgestompt. Slechts een langere rust waarin de gewichtsvermeerdering door de stofwisseling in de cel wordt weggenomen, vermag de cel weer ontvankelijk 't maken voor dien prikkel.

Stellen wij ons nu echter voor, dat, nadat de zwakke prikkel uitgewerkt is, aan het slingerend molecule geen rust gegeven wordt, maar onmiddellijk daarna een nieuwe meer intense prikkel wordt aangewend. Deze hoogere prikkel staat met grootere intensiteit tegen-

over het grootere slingerbolletje, gereed om dit weer regelmatige slingeringen te laten volvoeren. Middelerwijl is het denkbaar dat tusschen den eersten uitgewerkten prikkel in dezen nieuwen, nog prikkels kunnen bestaan, die het zwaardere bolletje niet vermogen te verplaatsen. Men drukt dit uit, door te zeggen dat deze prikkels binnen de grenswaarde vallen waarop door het prae paraat onderscheid gevoeld wordt.

Stel ik mij nu voor dat de prikkel van grooter intensiteit den slingerenden bol uit zijn evenwichtsstand gebracht heeft. De stooten van dezen prikkel zijn intenser, de summatietijd bijgevolg korter. Voor dat de slinger, weer na een langeren uitslag in den rust-stand is teruggekeerd, treft hem een nieuwe, tot een energie vereenigde, groep prikkels. De slinger wordt als 't ware schoksgewijze even zwevende gehouden. De spier vertolkt dit door een oogenblik in tetanus te blijven. Daarna valt de slingerbol meer in zijn uitgangspunt terug en is, daar de arbeid grooter was dan bij de vorige prikkels, aanmerkelijk zwaarder geworden. Een langere summatie van deze prikkels is thans noodig om hem weer voort te drijven en hetzelfde spel herhaalt zich. Een nieuwe kleinere tetanus met groot interval wordt geschreven, deze weer gevolgd door een derde, totdat eindelijk de bol niet meer door dezen prikkel vermag voort bewogen te worden.

Ten slotte treft hem een prikkel van groote intensiteit, en bijgevolg met korten summatietijd. De bol wordt met kracht omhoog geslingerd. Verschillende prikkelsommaties houden hem omhoog. Ten slotte overwint echter de bol ook deze aandringende prikkels, daar hij door den grooten arbeid in korten tijd veel zwaarder wordt en

deze zwaartevermeerdering zich voegt bij de door de slinger verkregen energie van plaats. De slinger valt dan met kracht terug om na een lange summatie dezer intense prikkels nogmaals geheven te kunnen worden, doch met veel geringer amplitude dan te voren. De allersterkste prikkels nu vermogen slechts een langgerekten tetanus te schrijven, waarna de bol in evenwichtsstand terugvalt en niet meer geheven wordt.

Een lange rust is dan noodzakelijk om deze groote gewichtsvermeerdering te compenseeren.

Het resultaat der inwerking van een reeks in oneindig kleine intervallen elkander opvolgende stooten, onder toenemende intensiteit, op een elastische massa: ziedaar den indruk, die zich aan den beschouwer opdringt, die het reflexapparaat onder een continuen chemischen prikkel zijn effecten laat opschrijven.

Al moge de mechanicus bij deze voorstelling glimlachen, de physioloog over deze plastische opvoering van het mechanisme der levensprocessen de schouders ophalen — toch, als verduidelijking van wat ik aan het schrijvend reflexapparaat gezien heb, meer dan de beschrijving van een aantal curven zouden vermogen, meen ik haar niet onvermeld te mogen laten.

HOOFDSTUK VII.

Besluit.

Aan het einde van mijn proefschrift, wensch ik den gedachtengang, die mij leidde, kort te herhalen, en de besluiten, die ik aan de hand der genomen experimenten, meen te mogen trekken, te recapituleeren.

Het was niet van eenig belang ontbloot, om de hypothese van MÜNSTERBERG nader onder de oogen te zien, en de plaats, die zij in de tegenwoordige psychologie inneemt, aan te wijzen.

Die hypothese is de hoeksteen van mijn proefschrift. Op haar steunde ik toen ik mijn experimenten nam. Omgekeerd zullen zij die hypothese kunnen steunen.

Voordat ik echter haar beteekenis in 't licht stelde, moest ik de vraag opwerpen of psychische processen meetbaar waren. Ik heb toen aangetoond, dat er vele en zeer betrouwbare onderzoekers waren, die, hoezeer zij ook onderling in hun maatformuleering mochten verschillen, zulk een meting mogelijk achten; terwijl anderen, even kundig en betrouwbaar, meenden, dat zulk een meting als onuitvoerbaar en irrationeel moest worden beschouwd. Positivisten en nihilisten streden een heftigen strijd.

In dien strijd van meeningen scheen mij de hypothese

van MÜNSTERBERG een welkome verzoening, een bruikbaar compromis, misschien voorloopig, maar toch een compromis, te kunnen brengen. Indien inderdaad, gelijk MÜNSTERBERG wil, — en waartoe de meer nauwkeurige kennis der anatomie der hoogere centra recht geeft —, de zintuigelijke gewaarwording nimmer bewust wordt, dan gepaard met motorische elementen (spanningsgevoelens van MÜNSTERBERG), dan moest worden aangetoond, dat deze motorische elementen werkelijk de voor maatbepaling noodige eigenschappen bezitten. Aan de hand van MÜNSTERBERG's uiteenzettingen heb ik dit gedaan. Ik wees toen tevens op het aantrekkelijke van zijn hypothese, waarbij de intensiteit der gewaarwordingen geacht wordt meetbaar te zijn aan spanningsgevoelens, d. i. dus ten slotte aan spierbewegingen. Ik noemde haar aantrekkelijk, omdat zij aldus een psychologisch vraagstuk naar physiologisch gebied overbrengt. Ik kwam toen van zelf tot de analogie, die er tusschen de psycho-physische wet, zooals MÜNSTERBERG haar leest, en tusschen andere physiologische wetten, die de verhouding regelen, volgens welke alle levende materie de haar treffende prikkels beantwoordt.

Ik heb daarom den aanvang der werking gemeten, die een prikkel van bepaalde grootte in een sensumotorisch reflexapparaat bij den kikvorsch teweeg brengt. Ondanks de moeilijkheden, aan dergelijke metingen eigen, meen ik, dat het reflexapparaat onderscheidsgewoeligheid kent, en wel vast te mogen stellen in denzelfden zin, als dit in de wet van WEBER is geformuleerd.

Het sensumotorisch reflexapparaat van den kikvorsch, antwoordt op constante verhouding in grootte der

opvolgende prikkels met effectvermeerdering. Tevens kon ik meerdere reeksen van metingen verrichten, die mij recht gaven tot een voorzichtige uitspraak, dat het veel waarschijnlijker is, dat het reflexapparaat het effect der prikkels weêrgeeft volgens de verhouding, die in de wet van FECHNER is neêrgelegd, dan volgens eenige andere.

Dat het reflexapparaat onderscheidsgoedigheid in den zin van de wet van WEBER zou kennen, was te verwachten. Er waren reeds meerdere experimenten bekend, zij het ook met ander uitgangspunt, die het waarschijnlijk maakten.

DUBOIS had reeds aangetoond voor het phosphoresceeren van *Pholas Dactylus*, dat dit boormosseltje zijn phosphoer slechts in verhoudingen volgens de wet van WEBER af geeft, gelijk reeds voor langer tijd PFEFFER voor bacteriën, protozoën, spermatozoën van hoogere kryptogamen dezelfde afhankelijkheid tusschen prikkel en beweging had kunnen aantoonen. Ook zij allen kennen dus de onderscheidsgoedigheid in den zin van de wet van WEBER.

Trouwens er waren ook pogingen gedaan, om de physiologische effecten door regelmatig klimmende prikkels teweeggebracht, aan de wet van FECHNER te toetsen. WALLER meent werkelijk, dat de sterkte der zenuwbeweging in den N. opticus (door de negatieve schommeling van den eigen retinastroom bij verschil in verlichting gemeten) tot de sterkte des prikkels (gemeten door de lichtsterkte) staat in een dergelijke verhouding, als er bestaat tusschen den logarithmus en zijn bijbehorend getal. Zelfs komt WALLER, ondanks het échec van PREYER tegenover LUCHSINGER, terug op de logarithmische af-

hankelijkheid, die in het spierzenuwpraeparaat tusschen sterkte van den zenuwprikkel en den spieruitslag zou bestaan. Al meen ik dat dit laatste door WALLER's proeven nog lang niet afdoende uitgemaakt is, al meen ik dat in het spierzenuwapparaat geheel iets anders omgaat, dan in het reflexapparaat, waarin de prikkel eerst een receptief orgaan moet passeeren, om zijn werking te kunnen ontvouwen, tot mijn resultaten doen de gedragingen van het spierzenuwapparaat niet af.

Het is, uit mijn proeven, inderdaad zeer waarschijnlijk te achten, dat het sensumotorisch apparaat bij arithmetisch stijgende prikkels een curve der effecten schrijft, die een logarithmische curve zou kunnen zijn. Het is tevens gebleken, dat de effecten, die beantwoorden aan meetkundig klimmende prikkels, eer in arithmethischen dan in eenigen anderen zin klimmen.

Wanneer dit zoo is, dan is der hypothese van MÜNSTERBERG een steun geschonken. Deze is van te grooter belang, naarmate deze hypothese zelf een meer welkome verzoening kan brengen tusschen de diametraal verschillende meeningen door positivisten en nihilisten voorgestaan.

MÜNSTERBERG's hypothese toch vertaalt het effect van den ons treffenden prikkel onmiddellijk in gecoördineerde spiercontracties van bepaalde sterkte, en geeft aan het beoordeelend sensorium »een daarvan gescheiden" schaal, waarop het sensorium de sterkte der inwerkende prikkels in spieruitslagen kan aflezen.

Maar... het antwoordend spierapparaat kan niet anders geven dan het ontvangt.

De algemeene regel volgens welke in de levende materie de verhouding tusschen prikkel en effect ge-

regeld wordt, geldt ook hier: het antwoordt in logaritmische verhoudingen.

De gecoördineerde spiergroep van een sensumotorisch reflexapparaat zal iets toevoegen aan den centripetalen impuls, die het sensorium omtrent de qualiteit des prikkels inlicht. Dit toevoegsel is de in logaritmische afhankelijkheid van de impulssterkte geschreven spiercontractie of neiging tot spiercontractie. Deze bepaalt, in MÜNSTERBERG's gedachtengang, de quantiteit der gewaarwording.

Het was het doel van mijn proefschrift hiervan de mogelijkheid aan te toonen. Ik meen daarin tot op zekere hoogte geslaagd te zijn. De aangewende prikkels — chemische — waren oogenschijnlijk niet de gunstigste, maar de natuurlijkste, en dat zij mochten worden aangewend en in sterkte vergeleken, was bewezen, toen het bleek, dat het kikkerreflexapparaat de onderscheidingsgevoeligheid volgens de wet van WEBER kende. Mijzelf verrasten, bij de vele bronnen van fouten, waaraan ik wist dat ik blootstond, de uitkomsten, die zich baseerden op een meting der effecten. Ik zette die uitvoerig uiteen. Ik geloof dus ten opzichte van het sensumotorisch apparaat van den kikvorsch te mogen vasthouden, dat de volgende meening waarschijnlijk is dan elke andere:

Het motorisch effect van het sensumotorisch reflex-apparaat van den kikker staat tot den prikkel, die het teweeg brengt, in een bepaalde verhouding, zijnde een dergelijke als die van den logarithmus tot zijn getal.

INHOUD.

	Bladz.
INLEIDING.	I
HOOFDSTUK I.	
De onderzoekingsmethoden der Psycho-physica	8
HOOFDSTUK II.	
FECHNER'S Psycho-physisch systeem.	20
HOOFDSTUK III.	
Verklaring der Wetten van WEBER en FECHNER	34
HOOFDSTUK IV.	
Beteekenis der hypothese van MÜNSTERBERG	67
HOOFDSTUK V.	
Proefondervindelijke toetsing der hypothese	80
HOOFDSTUK VI.	
Proeven	108
HOOFDSTUK VII.	
Besluit	141

INHOUD DER TABELLEN.

TABEL I.

- Fig. 1. Isot. geschreven »lawine» bij matig sterken prikkel (0.3 pCt.)
- » 2. Curve met verkleinende overdracht, Isotonisch geschreven.
- » 3. Tetanische curve, zonder belasting; sterke prikkel.
- » 4. Curve met eindcontractuur (neus).
- » 5. Tetanische curve, geen belasting.
- » 6. Phase uit een voortlopende curve bij matig sterken prikkel geschreven.

TABEL II.

- I, II, III, IV, V, VI, VII Effectcurven van prikkels, die met gelijke verhoudingen opklimmen.

TABEL III.

- Fig. 1. Graphische voorstelling der effecten van curve Tabel II: Gestippelde lijn: effectcurven der oppervlakten. Doorgetrokken lijn: » » gewichten.
- » 2. Graphische voorstelling der uitgemeten effecten van een met gelijke verschillen opklimmende reeks prikkels.
- » 3. Idem.
-

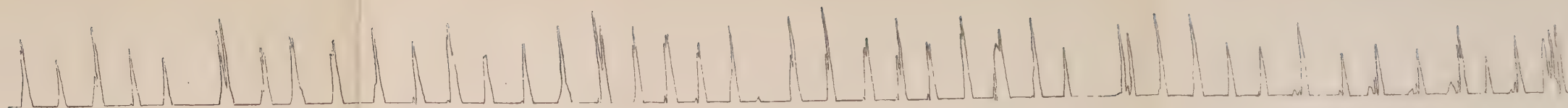


Fig. 2.



Fig. 3.

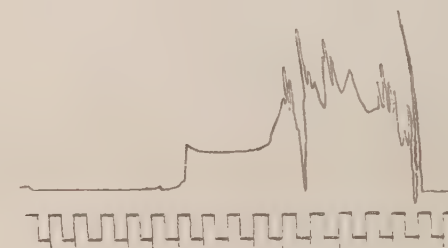


Fig. 4.

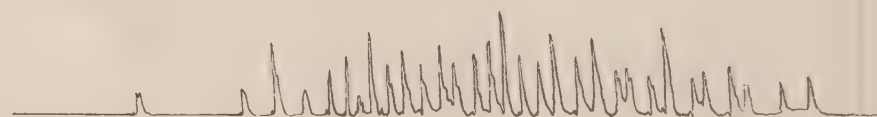
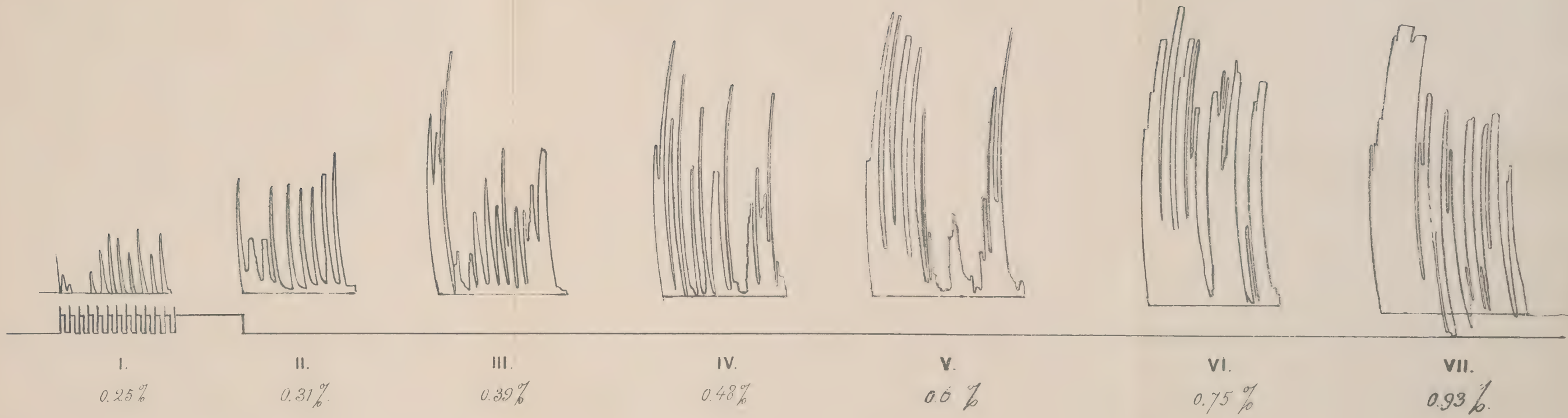


Fig. 6.



Fig. 5.

Fig. 1.



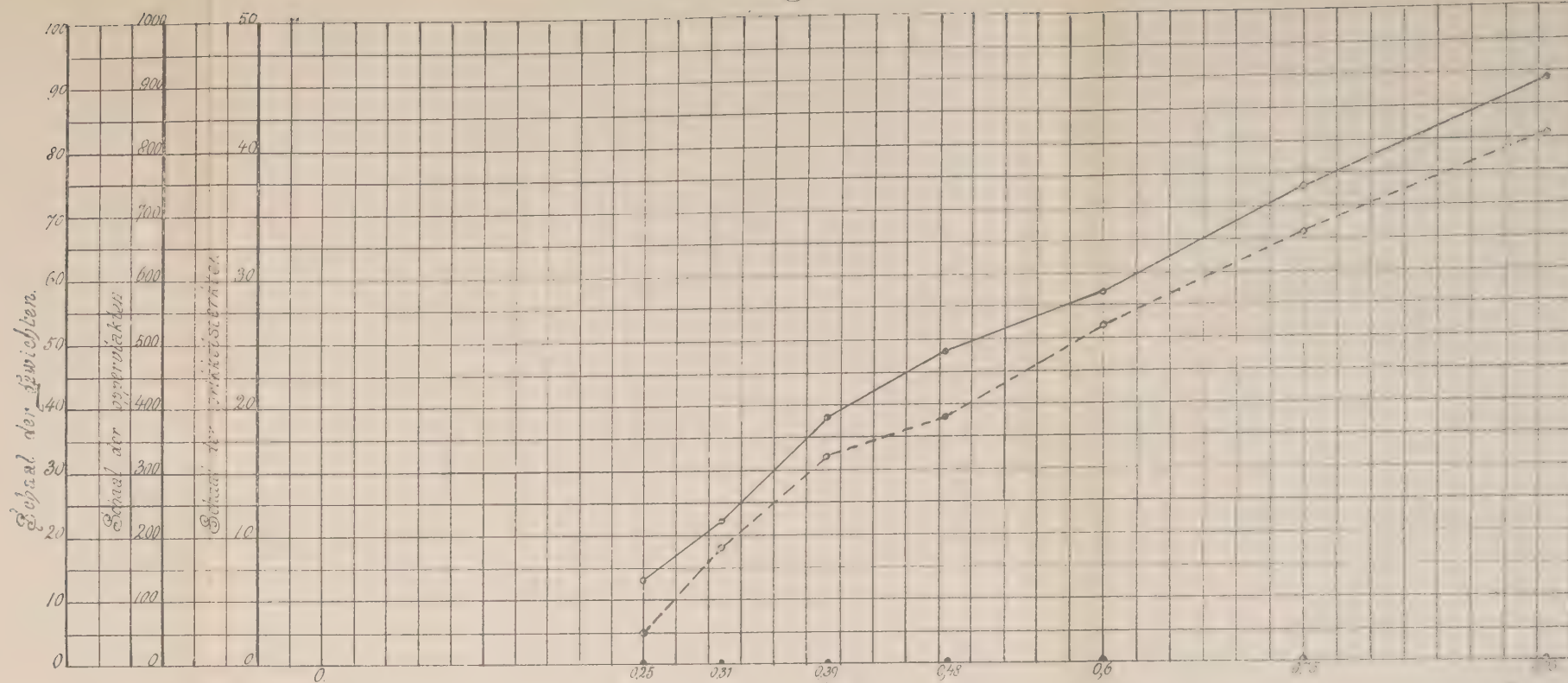
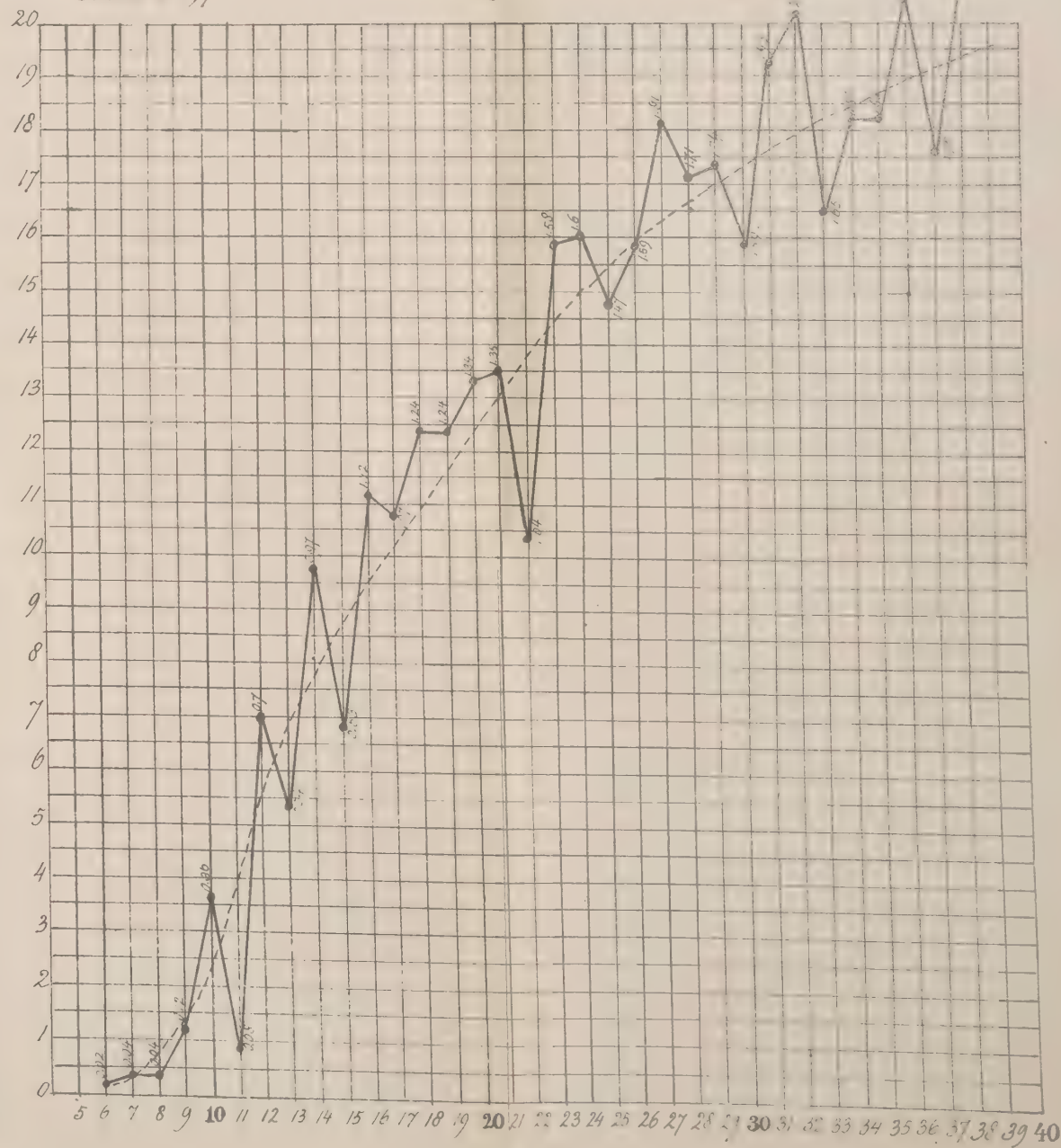


Fig. 3.

Curve 5 197.



June 12 1907

